2072

T H E S E
présentée

à l'UNIVERSITE DE PARIS-SUD
CENTRE D'ORSAY

---

Pour obtenir le titre de Docteur 3° Cycle

SPECIALITE : ECOLOGIE VEGETALE

par

Jean GRELON

# *Contribution à une étude écologique et dynamique de la végétation des grèves et des îles de la Loire, à Vouvray (Indre-et-Loire) et à St-Jean-de-la-Croix (Maine-et-Loire).*

Texte et figures

Soutenue le 3 mai 1976 devant la Commission d'examen

MM. LEMEE . . . . . Président
GUINOCHET . . . . . Examinateur
CORILLION . . . . . Rapporteur
LABEYRIE . . . . . Examinateur

T H E S E

présentée

à l'UNIVERSITE DE PARIS-SUD
CENTRE D'ORSAY

---

Pour obtenir le titre de Docteur 3° Cycle

SPECIALITE : ECOLOGIE VEGETALE

par

Jean GRELON

# *Contribution à une étude écologique et dynamique de la végétation des grèves et des îles de la Loire, à Vouvray (Indre-et-Loire) et à St-Jean-de-la-Croix (Maine-et-Loire).*

Texte et figures

Soutenue le 3 mai 1976 devant la Commission d'examen

MM. LEMEE . . . . . Président
GUINOCHET . . . . . Examinateur
CORILLION . . . . . Rapporteur
LABEYRIE . . . . . Examinateur

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

*A mes parents.*

# S O M M A I R E

Avant-propos. . . . . 1
Introduction
Intérêt de cette étude . . . . . 3
Travaux antérieurs . . . . . 4

Première partie

LE MILIEU

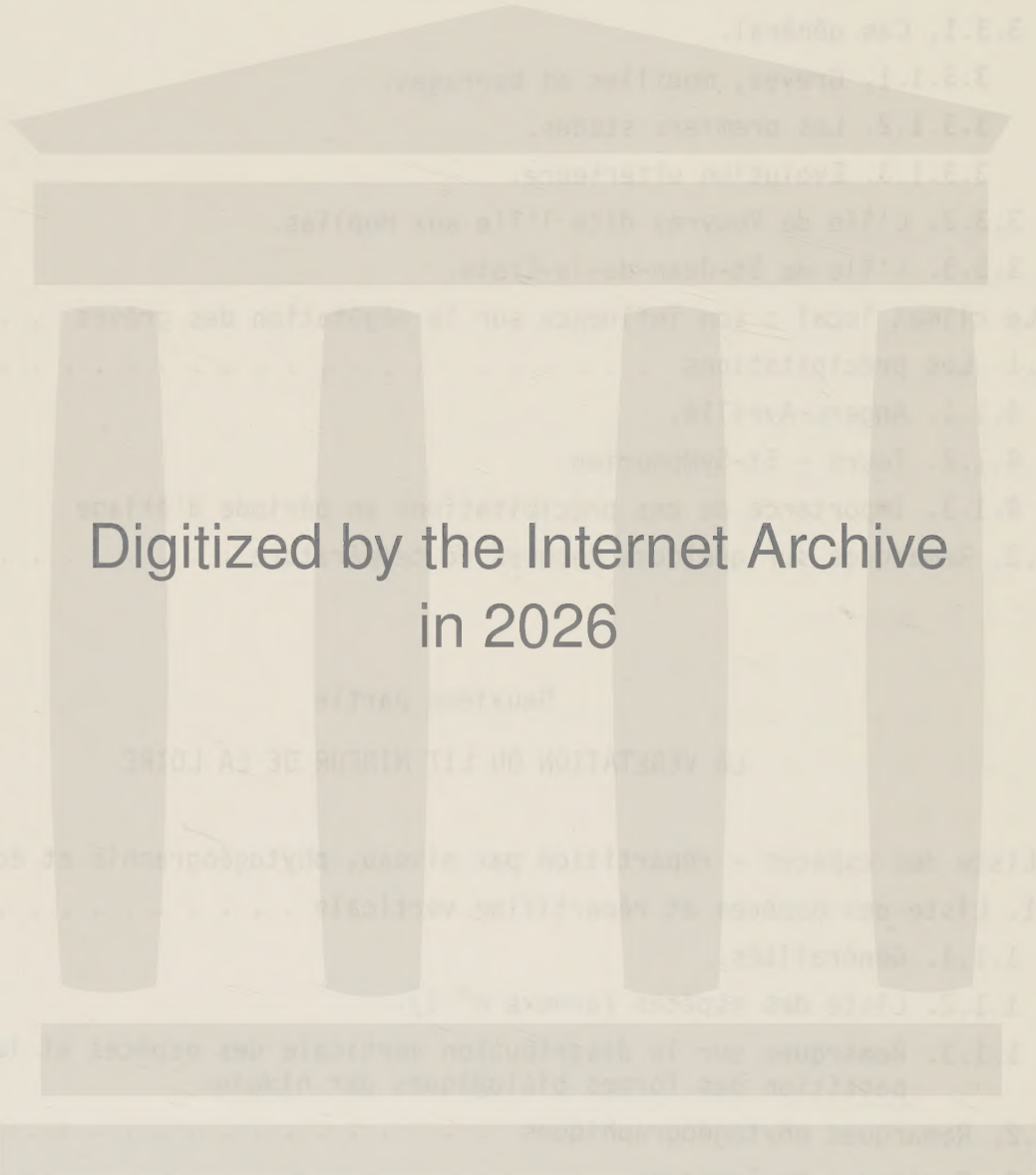
1. Situation géographique . . . . . 6
2. Situation géologique . . . . . 8
2.1. Introduction : origine des alluvions . . . . . 8
2.2. Le sable des grèves . . . . . 10
2.2.1. Intérêt et but de cette étude.
2.2.2. Méthodes et techniques.
2.2.2.1. Prise d'échantillon.
2.2.2.2. Etude granulométrique.
2.2.3. Résultats.
2.2.3.1. Résultats de Vouvray.
2.2.3.2. Résultats de St-Jean-de-la-Croix
2.2.4. Remarques conclusives.
2.3. Le sol des îles . . . . . 17
2.3.1. But de cette étude et méthodes de travail.
2.3.2. Les prélèvements.
2.3.3. Les résultats.
2.3.3.1. Résultats de St-Jean-de-la-Croix.
2.3.3.2. Résultats de Vouvray.
2.3.4. Remarques conclusives.
3. La Loire . . . . . 22
3.1. Le profil du fleuve et les grèves . . . . . 22
3.2. Le régime du fleuve et son influence sur la végétation . . . . . 24
3.2.1. Les basses eaux.
3.2.1.1. Cas des grèves de l'île aux Hoplias.
3.2.1.2. Cas des grèves de l'île de St-Jean-de-la-Croix.

3.2.2. Les moyennes eaux.
3.2.2.1. Cas des grèves de l'île de St-Jean-de-la-Croix.
3.2.2.2. Cas des grèves de l'île aux Hoplias.
3.2.3. Les hautes eaux.
3.2.3.1. Les hautes eaux à Tours.
3.2.3.2. Les hautes eaux aux Ponts-de-Cé.
3.2.4. Remarques conclusives.
3.3. La formation des îles . . . . . 39
3.3.1. Cas général.
3.3.1.1. Grèves, mouilles et barrages.
3.3.1.2. Les premiers stades.
3.3.1.3. Evolution ultérieure.
3.3.2. L'île de Vouvray dite l'île aux Hoplias.
3.3.3. L'île de St-Jean-de-la-Croix.
4. Le climat local : son influence sur la végétation des grèves . . . . . 56
4.1. Les précipitations . . . . . 56
4.1.1. Angers-Avrillé.
4.1.2. Tours - St-Symphorien.
4.1.3. Importance de ces précipitations en période d'étiage
4.2. Remarques sur quelques mesures de température . . . . . 60

Deuxième partie

LA VEGETATION DU LIT MINEUR DE LA LOIRE

1. Liste des espèces - répartition par niveau, phytogéographie et écologie. 62
1.1. Liste des espèces et répartition verticale . . . . . 62
1.1.1. Généralités.
1.1.2. Liste des espèces (annexe n° 1).
1.1.3. Remarques sur la distribution verticale des espèces et la répartition des formes biologiques par niveau.
1.2. Remarques phytogéographiques . . . . . 65
1.3. Remarques écologiques . . . . . 66
1.3.1. La végétation des zones plus ou moins vaseuses proches de l'étiage.
1.3.2. La végétation des grèves.
1.3.3. La végétation des bordures frangeantes des îles.
1.3.4. La végétation des zones exondées.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548118_0007

2. Les associations végétales . . . . . 71
2.1. Généralités, justification de la méthode employée . . . . . 71
2.2. Les groupements végétaux . . . . . 73
2.2.1. Groupement situé au niveau de l'étiage : l'association à *Cyperus michelianus* (L.) Lk et *Ilysanthes attenuata* (Muhl.) Small . . . 73
2.2.1.1. Emplacement des relevés (annexe n° 2).
2.2.1.2. Tableau de relevés (annexe n° 2bis).
2.2.1.3. Remarques phytosociologiques.
2.2.2. Groupements des grèves : niveaux moyen et supérieur du lit mineur 77
2.2.2.1. L'association à *Corrigiola littoralis* L. et *Chenopodium* sp.pl.
2.2.2.1.1. Emplacement des relevés (annexe n° 3).
2.2.2.1.2. Tableau de relevés (annexe n° 3bis).
2.2.2.1.3. Commentaire.
2.2.2.2. L'association à *Xanthium orientale* L. et *Chenopodium* sp.pl.
2.2.2.2.1. Emplacement des relevés.
2.2.2.2.2. Tableau de relevés (annexe n° 4).
2.2.2.3. L'association à *Amarantus retroflexus* L. et *Chenopodium* sp.pl.
2.2.2.3.1. Emplacement des relevés.
2.2.2.3.2. Tableau de relevés (annexe n° 5).
2.2.2.4. L'association à *Polygonum* sp. et *Bidens tripartita* L.
2.2.2.4.1. Emplacement des relevés.
2.2.2.4.2. Tableau de relevés (annexe n° 6)
2.2.2.5. Remarques phytosociologiques.
2.2.2.6. Remarques conclusives sur les associations des grèves, leur répartition verticale et la dynamique de la végétation.
2.2.3. Les groupements des bordures frangeantes des îles . . . . . 88
2.2.3.1. Situation topographique.
2.2.3.2. Analyse de la végétation.
2.2.3.2.1. Cas de St-Jean-de-la-Croix.
2.2.3.2.2. Cas de Vouvray.
2.2.3.3. Tableau de relevés (annexe n° 7).
2.2.3.4. Remarques phytosociologiques.
2.2.4. Les groupements des zones exondées . . . . . 95
2.2.4.1. Physionomie générale de ce niveau.
2.2.4.1.1. Les galeries forestières basses en bordure du fleuve ou des chenaux internes.
2.2.4.1.2. La végétation forestière des sommets de buttes.
2.2.4.1.3. Les fourrés à grandes herbes.
2.2.4.1.4. Les prairies mésophiles ou mésohygrophiles.

2.2.4.2. Tableaux de relevés

2.2.4.2.1. Les galeries forestières basses (annexe n° 8).

2.2.4.2.2. La végétation forestière des sommets de buttes (annexe n°9).

2.2.4.2.3. La végétation herbacée (annexe n° 10).

2.2.4.3. Remarques phytosociologiques.

3. La dynamique de la végétation . . . . . 106

3.1. Réflexions complémentaires sur la dynamique interspécifique et sur celle des associations . . . . . 106

3.2. Essai de reconstitution historique . . . . . 110

3.2.1. L'île de Vouvray . . . . . 110

3.2.2. L'île de St-Jean-de-la-Croix . . . . . 117

3.2.3. Remarques conclusives . . . . . 123

Conclusion générale . . . . . 125

## FIGURES ET TABLEAUX


Fig. 1 Situation de la zone étudiée . . . . . 7
Fig. 2 Carte géologique simplifiée de la Loire moyenne . . . . . 9
Résultats granulométriques de Vouvray . . . . . 13
Résultats granulométriques de St-Jean-de-la-Croix . . . . . 13
Fig. 3 Courbes-enveloppe des sédiments . . . . . 15
Fig. 4 Hauteur d'ascension capillaire et diamètre des grains . . . . . 16
Résultats d'analyses de sol à St-Jean-de-la-Croix . . . . . 19
Résultats d'analyses de sol à Vouvray . . . . . 20
Fig. 5 Seuils et mouilles . . . . . 23
Fig. 6 Coupe schématique du lit de la Loire . . . . . 23
Fig. 7 Débits moyens mensuels . . . . . 26
Fig. 8 Situation possible des étés à l'île aux Hoplias . . . . . 27
Fig. 9 Situation possible des étés à l'île de St-Jean-de-la-Croix . . . . 27
Fig. 10 Profil et cotes de la Loire. Tours 1968 . . . . . 37
Fig. 11 Profil et cotes de la Loire. Les Ponts-de-Cé 1968 . . . . . 37
Fig. 12 Profil et cotes de la Loire. Tours 1969 . . . . . 38
Fig. 13 Profil et cotes de la Loire. Les Ponts-de-Cé 1969 . . . . . 38
Fig. 14 Formation d'un buteau . . . . . 42
Fig. 15 Carte de la Loire (antérieure à 1890) . . . . . 46
Fig. 16 Carte de la Loire, 1958 . . . . . 47
Fig. 17 Carte de la Loire, 1898 . . . . . 48
Fig. 18 L'île aux Hoplias. Etat en 1970 . . . . . 49
Fig. 19 Plan de sondages 1900-1906 . . . . . 52
Fig. 20 Plan d'après carte I.G.N. 1962 . . . . . 52
Fig. 21 Plan des sondages 1915 . . . . . 53
Fig. 22 Plan des sondages 1920 . . . . . 54
Fig. 23 L'île de St-Jean-de-la-Croix 1970 . . . . . 55
Fig. 24 Précipitations et cotes de la Loire aux Ponts-de-Cé . . . . . 58
Fig. 25 Précipitations et cotes de la Loire à Tours . . . . . 59
Groupements phytosociologiques des berges de rivières et d'étangs. 76
Groupements phytosociologiques des niveaux moyens et supérieurs des grèves . . . . . 83
Fig. 26 Extension verticale des relevés sur les deux îles . . . . . 87

Fig. 27 St Jean-de-la-Croix : groupements des bordures et transects . . . . 92
Fig. 28 Vouvray : groupements des bordures et transects . . . . . 93
Groupements phytosociologiques des bordures frangeantes . . . . . 94
Groupements phytosociologiques rencontrés au niveau supérieur . . . 104
Fig. 29 Transects réalisés au niveau des deux îles . . . . . 105
Fig. 30 Vouvray : état de la végétation en 1949 . . . . . 113
Fig. 31 Vouvray : état de la végétation en 1957 . . . . . 114
Fig. 32 Vouvray : état de la végétation en 1967 . . . . . 115
Fig. 33 Vouvray : état de la végétation en 1969 . . . . . 116
Fig. 34 St-Jean-de-la-Croix : état de la végétation en 1949 . . . . . 119
Fig. 35 St-Jean-de-la-Croix : état de la végétation en 1954 . . . . . 120
Fig. 36 St-Jean-de-la-Croix : état de la végétation en 1958 . . . . . 121
Fig. 37 St-Jean-de-la-Croix : état de la végétation en 1968 . . . . . 122

# AVANT-PROPOS

Les résultats des recherches qui font l'objet du présent travail ont pour point de départ une suggestion de Monsieur le Professeur V. LABEYRIE, directeur du Laboratoire d'Ecologie expérimentale et directeur du Centre d'Etudes Supérieures de l'Aménagement de la Faculté des Sciences de Tours.

Ce travail s'est échelonné sur une période de cinq ans. En effet, le sujet demandait une répétition des observations pendant un certain temps. Par ailleurs les grèves de la Loire et les îles ne sont accessibles qu'en été et, à ce moment, seules certaines époques sont favorables. La somme de matériaux utilisables a donc été réunie depuis l'été 1970 jusqu'à l'automne 1974. Nous restons cependant conscient de l'insuffisance de cette documentation et de la modicité des résultats obtenus.

Il était aussi nécessaire pour réaliser un tel travail de faire appel à la collaboration de nombreux spécialistes. J'ai eu la chance et la joie de rencontrer partout compréhension et aide amicale. Que tous ceux à qui ces pages doivent quelque chose en soient sincèrement remerciés.

Monsieur le Professeur G. LEMEE m'a fait bénéficier de son enseignement pendant mes études de licence puis de troisième cycle. C'est lui qui a éveillé en moi un intérêt croissant pour l'écologie végétale, puis il a bien voulu s'intéresser à ce travail. Il me fait maintenant l'honneur de présider le jury de cette thèse ; qu'il veuille bien recevoir l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je dois associer à cet hommage Monsieur le Professeur V. LABEYRIE. C'est sous son impulsion que ce travail a pu naître puis se développer. Dans son laboratoire il m'a toujours reçu avec enthousiasme et sympathie ne me refusant ni conseils ni encouragements et me procurant des moyens matériels qui ont facilité grandement ma tâche. Je suis heureux de le remercier et de lui témoigner ici ma déférente gratitude.

Monsieur le Professeur M. GUINOCHET, directeur du laboratoire de Biologie végétale de la Faculté des Sciences d'Orsay, fut aussi mon maître lors de mes études. Il m'a accueilli avec la plus cordiale sympathie dans ses services et a bien voulu faire partie de mon jury. Qu'il en soit sincèrement remercié.

Monsieur le Professeur R. CORILLION, maître de Recherches au C.N.R.S. et directeur du laboratoire de Phytogéographie et du Service Régional de la Carte de la Végétation à Angers, a guidé mes premiers pas en biologie végétale. Sa grande connaissance de la végétation, en particulier de celle de la Loire, m'a été précieuse. Ce travail lui doit beaucoup car il en a examiné le texte avec minutie lequel a gagné en rigueur et en précision. Il a bien voulu enfin en être le rapporteur. En le remerciant vivement, je ne peux que souhaiter bénéficier longtemps encore de son enseignement.

C'est à l'occasion du Colloque d'Orléans-Tours sur "les îles de la Loire" (20-21 novembre 1971) que j'ai pu rencontrer Monsieur le Professeur Y. BABONAUX, professeur à l'Université de Caen. Il s'est tout de suite intéressé à mes travaux me faisant bénéficier de ses propres recherches sur la Loire. Ses responsabilités au sein du Centre d'Etudes Supérieures Ligériennes m'ont valu une aide financière qui me fut précieuse. Je tiens à lui dire ainsi qu'à Monsieur L. MONNIER, président du Centre, l'expression de mon profond respect.

Il m'est impossible de nommer toutes les personnes à qui j'ai dû rendre visite dans les Bibliothèques et les Archives municipales et départementales, les Services de la Loire et des Ponts-et-Chaussées, les laboratoires des Facultés et Ecoles supérieures et qui ont droit à ma reconnaissance.

Je tiens cependant à remercier tout spécialement Monseigneur O. RIOBE, directeur de l'Institut de Recherche Fondamentale et Appliquée de l'U.C.O. pour l'aide financière qu'il m'a si généreusement accordée,

et à associer dans un particulier hommage :

Madame E. BOSSE qui a assuré toute la mise en page de ce travail,

Madame BUSSARD et le personnel de l'imprimerie de l'U.C.O. pour tout le soin qu'ils ont apporté à sa parution dans les meilleurs délais.

A tous je redis mes sincères remerciements.

# INTRODUCTION

Intérêt de cette étude.

De tout temps les riverains de la Loire ont vu le fleuve ajouter à la permanence des bancs de sable l'installation d'un couvert végétal qui apparaît au premier aspect essentiellement formé de Saules et de Peupliers. En réalité le promeneur qui parcourt en été les grèves de la Loire alors que les eaux sont particulièrement basses, ne peut que constater la grande richesse d'une végétation toute en mosaïque et dont la croissance est extrêmement rapide. En quelques semaines on voit certains bancs de sable disparaître presque complètement sous une végétation très dense qui participe d'ailleurs à leur stabilisation. Par endroits de petits monticules se forment car un jeune Saule pousse vigoureusement faisant ainsi d'avance obstacle au courant qui s'établira lors de la montée des eaux. Si ce promeneur revient l'année suivante, il aura peut-être la surprise de constater que ce monticule est devenu un ilôt, que plusieurs espèces de plantes se sont installées et que le jeune Saule est resté bien vivant alors qu'il est en partie recouvert par le sable apporté par la crue hivernale. Plusieurs années après, si rien ne vient entraver ce processus, une nouvelle île sera formée.

La végétation des grèves de la Loire a donc une dynamique particulièrement active dont la caractéristique essentielle est d'être soumise à l'action périodique des eaux elle-même liée à celle des saisons. En effet, crues d'hiver et de printemps, décrues et maigres d'été et d'automne se succèdent avec une alternance dont la régularité n'est bien souvent qu'apparente et qui conditionne l'implantation et la survie d'un bon nombre d'espèces.

Si l'on ajoute à ce fait que l'abandon de tout entretien pendant la dernière guerre, puis une succession d'années sèches ont favorisé un développement extraordinairement rapide du couvert végétal, on comprendra que les services de la Loire se préoccupent vivement de contrôler ce phénomène.

Le présent travail a pour objet d'étudier les conditions d'implantation de cette végétation sur les grèves et les îles voisines en deux points du Val de Loire, l'un tourangeau, l'autre angevin. Par sa double approche, écologique et phytosociologique, il essaiera d'apporter une contribution à la connaissance du milieu ligérien et plus particulièrement à la recherche de corrélations entre les différents facteurs associés dont dépend la formation des îles en Loire tourangelle et angevine.

Travaux antérieurs.

L'étude de la végétation des vallées fluviales a fait en France et dans les pays de langue française l'objet de très nombreuses publications souvent dispersées dans les bulletins de Sociétés locales de Sciences Physiques et Naturelles parus dans le courant du XIXe siècle. Ces recherches qui ont d'abord porté sur les aspects floristiques de la végétation ont pris ensuite avec BRAUN-BLANQUET et son école de Montpellier une orientation plus phytosociologique. A cette époque les publications seront souvent insérées dans des études plus vastes concernant une région ou l'ensemble d'un bassin fluvial.

Selon TCHOU (1948), la première description d'une association de vallée de rivière a été faite par BRAUN-BLANQUET (1915) dans son travail sur les Cévennes méridionales. Successivement ALLORGE (1921) puis MALCUIT (1929) étudient la végétation du Vexin français et celle de la vallée de la Lanterne.

Parallèlement paraissent en Europe centrale les premiers travaux de SIEGRIST (1913) pour les bords de l'Aar, et d'AICHINGER et SIEGRIST (1930) pour les bords de la Drave.

En 1948 paraît en France l'importante synthèse de TCHOU sur les formations riveraines du Bas-Languedoc, puis JOVET (1949) décrit le Valois, GEHU (1961) le bassin de la Sambre, LERICQ (1965) celui de l'Escaut. En Belgique il faut signaler les recherches de BODEUX (1955) et de DUVIGNEAUD (1958 et 1964).

A la même époque, en Europe centrale, de nombreux travaux concernent la végétation des rivières et des fleuves dans ses rapports avec la phytosociologie et l'écologie. WENDELBERGER-ZELINKA (1952), WENDELBERGER (1956) étudient la végétation du Danube et de sa vallée. KARPATY et SZAKALY font paraître en 1966 leur étude sur l'influence de quelques facteurs écologiques dans le dynamisme de la végétation sur une île du Danube. HELLER en 1969 donne une importante contribution sur les conditions de vie et l'évolution de la végétation dans les forêts riveraines suisses. Enfin dans des ouvrages de portée plus générale il faut signaler les observations et recherches phytosociologiques d'OBERDORFER (1957), d'ELLENBERG (1963) et de TÜXEN (1937).

A partir de 1970 la vallée du Rhin est l'objet des recherches de LOHMEYER et de CARBIENER (1970). En Italie, BOSSO (1965), MONTACCHINI (1970) étudient respectivement les vallées du Gesso et de la Suse. En Espagne paraissent de nombreux travaux de phytosociologie avec RIVAS-GODAY (1969). En France enfin, PAUTOU et Coll. (1972-1973) étudient les îles du Rhône et l'écologie des anciens lits du fleuve tandis que FRILEUX et JOUVE (1973) font un travail similaire sur les îles de la basse vallée de la Seine.

En ce qui concerne la Loire, les publications sont nombreuses et dispersées dans des revues locales. Le bassin de la Loire moyenne, de Cosne aux confins de la Limagne, a fait l'objet d'une importante synthèse de LOISEAU et BRAQUE (1972), travail qui rassemble également une abondante bibliographie. Pour la région d'Orléans BOUBY (1964) et GARNIER (1973) publient quelques remarques botaniques.

En Touraine et en Anjou les premières observations datent de PREAUBERT (1893). BIORET en 1923, puis NEHOU à partir de 1945, PRUDHOMME (1948) signalent les modifications apportées à la flore locale. Enfin à partir de 1949 CORILLION publie de nombreux travaux sur la végétation du Val de Loire dans sa partie tourangelle et angevine.

Dans la ligne de tous ces travaux cet essai ne veut être qu'une modeste contribution à une synthèse dont l'ampleur est apparue tout au long de cette étude.

Première partie

# L E  M I L I E U

## 1. *Situation géographique.*

La région étudiée appartient au secteur hydrographique de la Loire moyenne, zone comprise entre sa sortie du Massif Central, commune de Villerest près de Roanne, et Mauves-sur-Loire où l'influence des plus hautes marées cesse de se faire sentir.

L'ensemble se rapporte surtout à la bordure occidentale du Bassin Parisien ainsi qu'à une portion réduite du cours Armoricain à partir de La Daguenière (Maine-et-Loire).

Des deux îles qui font l'objet de ce travail, l'une appelée île de Vouvray ou "île aux Hoplias"(1), est située en amont de Tours, à la hauteur de la commune de Vouvray et non loin de l'embouchure de la Cisse, l'autre se trouve sur la commune de St-Jean-de-la-Croix, en aval de la ville des Ponts-de-Cé et légèrement en amont de l'embouchure de la Maine.

Le choix de l'île aux Hoplias a été fait sur l'initiative de Monsieur le Professeur V. LABEYRIE, celui de l'île de St-Jean-de-la-Croix a été déterminé à la fois par sa situation géographique et par son accessibilité aux basses eaux (fig. 1).

(1) Ce nom lui a été donné par Mr le Professeur V. LABEYRIE en raison de la présence abondante de ce petit coléoptère.

Fig.1 - Situation de la zone étudiée

## 2. *Situation géologique.*

### 2.1. Introduction : origine des alluvions.

En raison de son appartenance au Bassin Parisien, le sous-sol de la zone étudiée est formé presqu'entièrement de terrains secondaires et tertiaires. De Blois à La Daguenière la Loire coule sur un fond rocheux de calcaire Turonien puis à son entrée dans la zone angevine armoricaine le fleuve creuse son lit dans des terrains primaires formés alternativement de schistes et de grès (fig. 2).

La roche en place affleure en de nombreux endroits. On a compté, entre Montlouis et Ste-Gemmes-sur-Loire, quinze seuils rocheux, si bien que la pellicule de sable reste assez modeste. Les sondages centralisés au B.R.G.M.(2) d'Orléans indiquent, à La Ville-aux-Dames, près de l'île aux Hoplias, une épaisseur d'alluvions de 7 mètres, tandis qu'aux Ponts-de-Cé, elle atteint 13 mètres (Y. BABONAUX, 1970, p. 110, 200 et 202).

Alors que dans la plus grande partie du cours supérieur de la Loire l'origine des alluvions est à rechercher dans une érosion du Massif Central, les dépôts effectués par le fleuve dans son cours tourangeau et angevin proviennent pour la plus grande partie, d'emprunts faits aux versants et aux berges, en particulier aux sables Cénomaniens de l'Orléanais, auxquels se joignent des produits de désagrégation, feldspaths et micas, ou de remaniements d'époque tertiaire, calcaire et silex.

A l'entrée dans le Bassin Parisien, la rencontre du fleuve avec les assises crétacées entraîne un changement dans la granulométrie. Le fleuve se charge d'éléments pris directement sur les roches sédimentaires si bien que son cours se trouve momentanément encombré de fragments grossiers dont certains peuvent atteindre 0,60 m de diamètre (R. DION, 1961, p. 12 note 3). En amont de Tours, sur l'île aux Hoplias, la moyenne granulométrique reste élevée puisque certains blocs de calcaire et de silex font encore un diamètre de 0,10 m. Toutefois cette moyenne diminue rapidement vers l'aval si bien qu'à Saumur elle ne dépasse pas 0,02 m. Enfin à leur entrée dans le Massif Armoricain les matériaux de transport ne sont plus constitués que de sable fin.

(2) Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

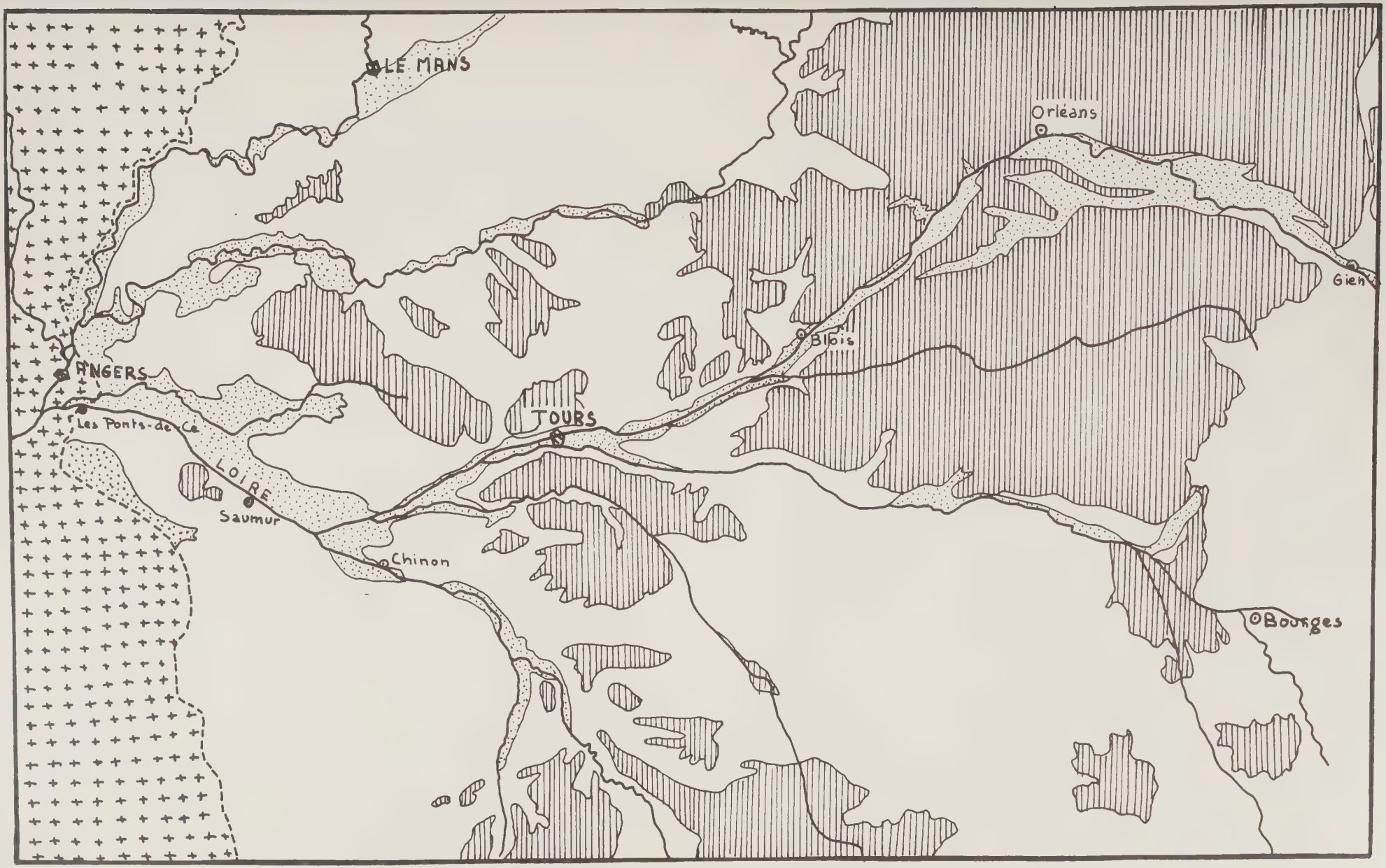



Fig.2 - Carte géologique simplifiée

## 2.2. Le sable des grèves.

### 2.2.1. Intérêt et but de cette étude :

Un parcours de quelques centaines de mètres sur les grèves montre que l'implantation de la végétation est loin d'être uniforme. Certaines zones sont couvertes d'une véritable prairie, d'autres sont nues, d'autres enfin indiquent clairement l'empreinte du flot car le dépôt des graines et, par voie de conséquence, le peuplement se sont faits simplement en suivant les courbes de niveau.

Par ailleurs l'hétérogénéité du matériel déposé par les courants est manifeste. Ainsi que nous l'avons précédemment signalé(3), cette situation ajoutée à celle qui résulte de sa position par rapport au niveau de l'eau entraîne une véritable sélection entre les espèces et par conséquent des groupements différents.

Il nous a donc paru utile, parallèlement aux relevés phytosociologiques, d'effectuer des prélèvements de sable dont l'analyse granulométrique permettra peut-être d'apporter des informations supplémentaires pour tenter d'expliquer la présence de telle ou telle association en un endroit donné.

### 2.2.2. Méthodes et techniques :

#### 2.2.2.1. Prise d'échantillon :

La prise d'échantillon a été faite en tenant compte de l'emplacement des relevés. Le prélèvement a été effectué d'une part en surface sur une profondeur de 3 à 4 centimètres et d'autre part sur une superficie relativement restreinte pour ne pas sortir du relevé. De nombreux lits élémentaires de sable dûs à des courants locaux provoquant des irrégularités de surface, sans que cette irrégularité entraîne des modifications dans la répartition des plantes, nous avons considéré ces irrégularités comme n'affectant pas la granulométrie générale du dépôt, c'est pourquoi, de façon à éviter de donner trop d'importance à un remaniement qui n'était que superficiel, le sable a été prélevé en plusieurs points du relevé et mélangé.

(3) J. GRELON, 1972a.

Des prélèvements ont été également faits en profondeur en tenant compte de la granulométrie apparente. Très souvent en effet le sable change d'aspect à une vingtaine de centimètres de profondeur. Cette fraction a été également prise, en partie pour étudier le type de sable, très fin, fin ou grossier, et les conditions de dépôt, en partie pour connaître le mode d'enracinement des plantes, spécialement celui des Saules et des Peupliers.

Les échantillons prélevés, environ 300 à 500 grammes, sont mis dans des sacs en plastique et étiquetés sous le numéro du relevé. Ils sont ensuite séchés à l'air puis stockés.

Le sable prélevé contient selon les endroits : galets, sable plus ou moins grossier et une fraction fine inférieure à 50 microns. Les trois éléments seront traités différemment. Les galets et graviers seront pesés directement après séparation de la fraction inférieure à 2 mm, tandis que les sables qui constituent la fraction comprise entre 2 mm et 50 microns seront tamisés et pesés.

En ce qui concerne la fraction fine qui est ordinairement mesurée par densimétrie, elle est dans la plupart des prélèvements extrêmement faible, moins de 1% ; c'est pourquoi il ne nous a pas paru nécessaire d'en faire une étude particulière.

2.2.2.2. Etude granulométrique :

Elle a été effectuée par la technique des tamis. Ceux qui ont été utilisés correspondent à la série AFNOR dont les dimensions des mailles croissent en progression géométrique de raison $\sqrt[10]{10}$ et ont successivement 0,05 - 0,08 - 0,125 - 0,200 - 0,315 - 0,5 - 0,8 - 1,25 et 2 mm de côté. Après un brassage à la main pour rendre l'échantillon le plus homogène possible, une fraction de 100 grammes est pesée à 5 cg près sur une balance à lecture directe. L'échantillon est ensuite placé sur le plateau supérieur de la série de tamis et secoué pendant cinq minutes dans une machine RO-TAP. Le refus de chaque tamis est alors pesé puis disposé sur un tableau. La fermeture est généralement bonne sauf pour les échantillons contenant une certaine proportion de fin qui a tendance à donner de la poussière. Dans ce cas on répartit la fermeture proportionnellement au poids des lots. Les résultats définitifs sont consignés sur un tableau récapitulatif où l'on porte en abscisses les dimensions des mailles et en ordonnées les pourcentages cumulés. Ce tableau

est complété par le tracé de la courbe cumulative sur papier semi-logarithmique. Une courbe verticale indique un sédiment bien classé c'est-à-dire un sédiment dont la granulométrie est homogène, une courbe oblique et irrégulière un sédiment mal classé.

2.2.3. Résultats :

Dans les tableaux ci-après les numéros des prélèvements correspondent aux relevés phytosociologiques effectués en même temps.

Les profondeurs des prélèvements sont variables ; elles sont en rapport avec des changements apparents dans la granulométrie, changements qui ne sont pas toujours traduits d'ailleurs par une analyse granulométrique différente.

Chaque échantillon a été caractérisé par sa médiane ou P 50, valeur pour laquelle 50 % du sédiment est de taille inférieure ou supérieure.

Enfin en ce qui concerne les galets, nous n'avons fait ni courbe cumulative ni médiane en raison de la trop faible fraction prise. Nous avons préféré caractériser chaque échantillon par son mode, c'est-à-dire la valeur de la classe la plus fortement représentée et nous avons ajouté le diamètre maximum des galets observés(4).

(4) En dehors des prélèvements les galets de 10 cm et plus de diamètre ne sont pas rares.

2.2.3.1. Résultats de Vouvray :

| n° du prélèvement | profondeur en cm | sables médiane ou P 50 en mm | classement | galets mode | galets diamètre maximum en mm |
|---|---|---|---|---|---|
| T 1a | surface | 0,88 | x | 20,00 | 31,50 |
| T 1b | -20 | 0,79 | x | 31,50 | 31,50 |
| T 1c | -50 | 1,19 | xx | 20,00 | 20,00 |
| T 2 | surface | 0,95 | x | 12,50 | 20,00 |
| T 6a | surface | 0,25 | x | 3,15 | 8,00 |
| T 6b | -40 | 0,70 | x | 3,15 | 12,50 |
| T 7a | surface | 0,75 | x | 12,50 | 20,00 |
| T 7b | -20 | 1,10 | xx | 3,15 | 27,50 |
| T 8a | surface | 1,53 | xx | | |
| T 8b | -15 | 0,95 | x | 20,00 | 31,50 |
| T 9a | surface | 1,30 | xx | 5,00 | 12,50 |
| T 9b | -20 | 1,35 | xx | 3,15 | 12,50 |
| T 11 | surface | 0,28 | x | 12,5 | 20,00 |
| T 12a | surface | 0,60 | x | | |
| T 12b | -30 | 0,60 | x | 12,5 | 31,50 |
| T 14a | surface | 0,21 | x | | |
| T 20a | surface | 1,60 | xx | 31,5 | 31,50 |
| T 20b | -90 | 0,86 | x | 31,5 | 31,50 |

2.2.3.2. Résultats de St-Jean-de-la-Croix :

| n° du prélèvement | profondeur en cm | sables médiane ou P 50 en mm | classement | galets mode | galets diamètre maximum en mm |
|---|---|---|---|---|---|
| A 1a | surface | 0,75 | x | 3,15 | 5,00 |
| A 1b | -7 | 0,97 | x | 3,15 | 5,00 |
| A 1c | -20 | 0,76 | x | 8,00 | 12,50 |
| A 7a | surface | 0,65 | x | 5,00 | 8,00 |
| A 8a | surface | 0,78 | x | 5,00 | 8,00 |
| A 8b | -10 | 0,80 | x | 3,15 | 8,00 |
| A 9a | surface | 0,46 | x | | |
| A 9b | -10 | 0,65 | x | 3,15 | 8,00 |
| A 12a | surface | 0,53 | x | | |
| A 12b | -15 | 1,05 | xx | 3,15 | 8,00 |
| A 13a | surface | 0,57 | x | 3,15 | 8,00 |
| A 13b | -50 | 0,56 | x | 3,15 | 5,00 |
| A 14a | surface | 0,65 | x | 8,00 | 20,00 |
| A 14b | -30 | 1,30 | xx | 3,15 | 12,50 |
| A 15a | surface | 0,57 | x | 8,00 | 12,50 |
| A 15b | -10 | 0,78 | x | 5,00 | 8,00 |

2.2.4. Remarques conclusives.

D'après la terminologie internationale on classe les sables en sables très fins (de 0,02 à 0,05 mm), fins (de 0,05 à 0,2 mm) et grossiers (de 0,2 à 2 mm). Dans cette perspective les prélèvements faits aussi bien à Vouvray qu'à St-Jean-de-la-Croix ne contiendraient que des sables grossiers. Pour essayer de comparer en première approximation les sables des deux stations, nous avons introduit une subdivision supplémentaire, celle des sables moyens correspondant à l'intervalle 0,2 - 1 mm ; l'intervalle des sables grossiers étant alors celui compris entre 1,00 et 2,00 mm.

En ce qui concerne Vouvray, dans un total de 18 prélèvements nous obtenons pour les sables :

-12 prélèvements de médiane comprise entre 0,20 et 1,00mm (x) soit 66,6 %
- 6 prélèvements de médiane comprise entre 1,00 et 2,00mm (xx) soit 33,3 %.

A St-Jean-de-la-Croix les valeurs correspondantes donnent pour 16 prélèvements :

-14 prélèvements de médiane comprise entre 0,20 et 1,00mm (x) soit 87,5 %
- 2 prélèvements de médiane comprise entre 1,00 et 2,00mm (xx) soit 12,5 %.

La proportion de sédiments fins est donc plus grande à St-Jean qu'à Vouvray. Nous remarquons cependant que les sédiments les plus fins ont été recueillis à Vouvray (prélèvements T 14a et T 6a).

Les sédiments les plus fins sont à la surface des grèves. Cette remarque est surtout valable pour St-Jean-de-la-Croix. En effet à Vouvray, un certain nombre de prélèvements faits en profondeur ont une granulométrie plus fine que ceux de la surface. Ceci montre que les dépôts sont très irréguliers du type "stratification entrecroisée", et qu'une coupe verticale d'une grève aurait une granulométrie hétérogène.

Les proportions de galets sont très fortes dans les deux stations puisque à Vouvray, 15 sur 18 prélèvements, à St-Jean, 14 sur 16 prélèvements en possèdent. La comparaison des modes montre, d'une part, qu'à Vouvray 10 échantillons sur 15 ont un mode égal ou supérieur à 12,5 mm avec un déplacement de la courbe vers les fortes valeurs (mode égal ou de très peu inférieur à la dimension maximale observée), tandis qu'à St-Jean-de-la-Croix 11 échantillons sur 14 ont un mode égal ou inférieur à 5,00 mm avec un déplacement de la courbe vers les faibles valeurs (mode très souvent assez loin de la dimension maximale observée).

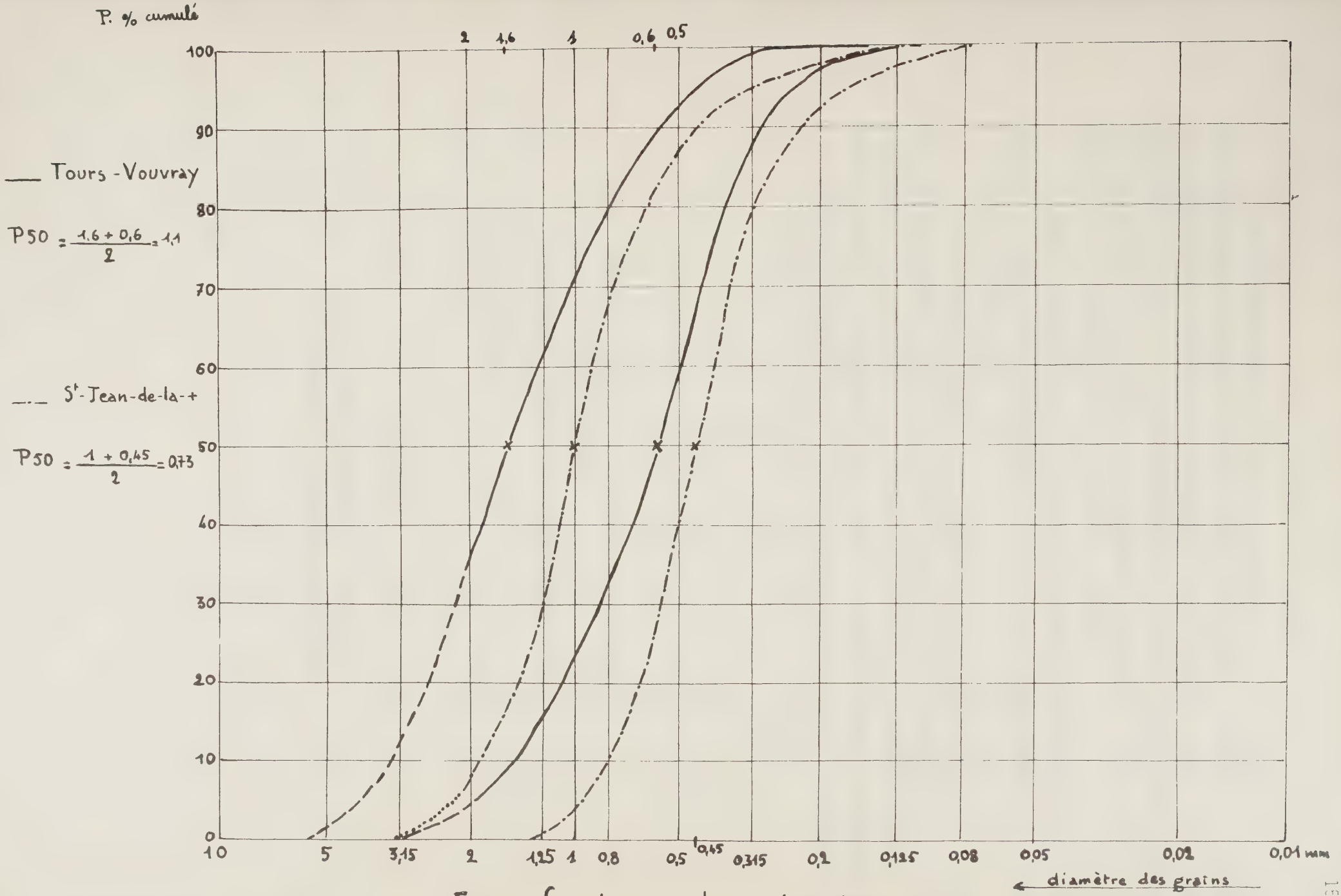



Fig. 3 - Courbes-enveloppe des sédiments

Enfin une étude plus fine des résultats de Vouvray et de St-Jean-de-la-Croix a été réalisée pour les sables. Les courbes cumulatives des deux localités ont été reportées sur un papier calque. Puis on a tracé l'enveloppe des courbes (fig. 3). La comparaison montre un assez net déplacement des valeurs relevées à Vouvray vers les granulométries élevées (A Vouvray P 50 des courbes enveloppe : 1,1 mm ; à St-Jean : 0,73).

Ces quelques résultats montrent donc que la granulométrie des deux stations diffère assez sensiblement avec des valeurs généralement plus fines à St-Jean-de-la-Croix.

D'autre part comme nous le montrerons plus loin (§ 4.1.3), la finesse des sédiments va avoir un retentissement sur l'alimentation en eau des plantes. La courbe (fig. 4) donnant la hauteur d'ascension capillaire en fonction du diamètre des grains indique en effet que pour les sédiments récoltés sur les grèves de la Loire, la dénivellation peut atteindre de 30 à 40 centimètres. Nos observations ont confirmé ces valeurs.

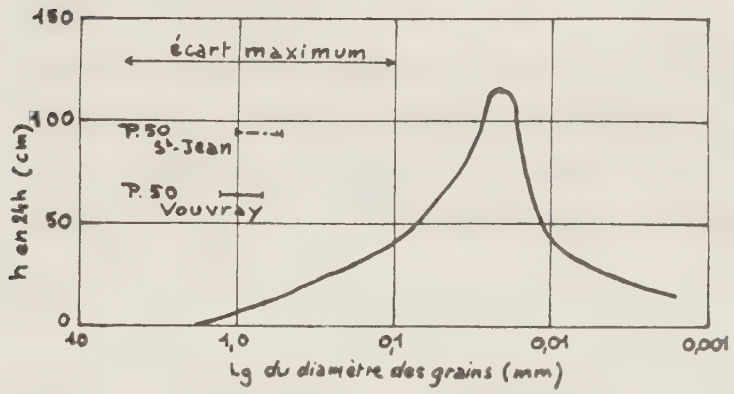



Fig. 4 - Hauteur d'ascension capillaire et diamètre des grains (d'après G. Castany)

## 2.3. Le sol des îles.

### 2.3.1. But de cette étude et méthodes de travail.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'apport constant de sable et les remaniements superficiels dûs aux courants généraux et locaux entraînent dans la distribution verticale des sédiments sur les grèves une très grande variété. On pouvait supposer qu'il en était de même pour les sols des îles en formation, ce qu'avaient laissé entrevoir les premières observations faites en 1970. On avait constaté en effet une sorte d'alternance entre des dépôts d'aspect sablo-limoneux(5) de couleur noirâtre et des sédiments plus grossiers et clairs. Une étude de ces alluvions a été entreprise au cours de l'automne 1973. Les prélèvements ont été réalisés les 10 et 17 novembre 1973 dans les deux îles en des endroits comparables du point de vue situation, couvert végétal et orientation par rapport au courant.

Après réalisation d'une tranchée à la pelle jusqu'à la "couche basale" nous avons fait un prélèvement dans chaque lit élémentaire(6). Les analyses ont porté sur le carbone organique (méthode ANNE), l'azote total (méthode de KJELDAHL) et sur le calcaire total (méthode au calcimètre de BERNARD). Nous y avons ajouté les valeurs de pH. Les tableaux de résultats comportent également une colonne matière organique ; cette valeur a été obtenue en multipliant celle du carbone organique par un coefficient qui est dans la pratique 1,72 (DUCHAUFOUR).

Nous savons par ailleurs que les grèves présentent par place et souvent au voisinage de l'étiage des dépôts très limoneux qui en séchant prennent un aspect polygonal caractéristique et dont la cassure indique une structure lamellaire. De la même manière que pour les sables, une analyse de ces dépôts a été faite.

(5) Les abréviations utilisées dans les tableaux de résultats ainsi que les dénominations de couleurs suivent la nomenclature du "Munsell soil color charts", 1971, Baltimore ; et le Glossaire de pédologie, édité par la D.G.R.S.T. et l'O.R.S.T.O.M., 1969.

(6) Il est difficile d'assimiler les couches successives observées à des horizons au sens pédologique du terme, car dans ce type de formation sédimentaire ils ne sont pas encore différenciés. Il en est de même pour le terme de "roche-mère" qui serait impropre ici. Nous avons appelé "couche basale" le sédiment sableux sur lequel se sont mis en place progressivement les dépôts.

2.3.2. Les prélèvements :

St-Jean-de-la-Croix.

La zone étudiée est située sur la bordure sud de l'île n° 1 où le terrain présente une forte pente. L'emplacement est occupé par une strate arborescente de Peupliers et un tapis herbacé dense de Baldingères (*Phalaris arundinacea* L.).

Après défrichement superficiel à la pelle et arrachage des herbacées, on creuse une tranchée profonde d'une soixantaine de centimètres. Le sol léger, sablonneux, présente une succession très apparente de douze couches alternativement claires et sombres qui surmontent la couche basale. La hauteur de l'emplacement par rapport à l'étiage est de 2,50 mètres environ.

Vouvray : île aux Hoplias.

La zone étudiée est située sur la bordure sud de l'île dans un sous-bois de Peupliers qui comprend une strate herbacée constituée essentiellement par *Agropyrum campestre* Gren. et G. et *Dactylis glomerata* L.

La profondeur de la tranchée atteint 60 centimètres. On retrouve ici les alternances de sable clair et de sable limoneux plus sombre surmontant la couche basale formée de sable grossier. La hauteur au dessus de l'étiage est de 2,50 mètres.

Les prélèvements de limons sur grèves ont été faits sur les deux îles à peu de distance de leur pointe amont.

2.3.3. Les résultats : cf. tableaux ci-après.

2.3.3.1. St-Jean-de-la-Croix prélèvement de sable

| n° du prélèvement | Profondeur en cm. | niveau du prélèvement | aspect-couleur | carbone en mg/g | azote en mg/g | C/N | mat. org. mg/g | calcaire en % | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 - 10 | - 5 | sableux brun grisâtre° | 14,78 | 1,575 | 9,38 | 25,422 | 2,66 | 7,9 |
| 1' | 10 - 12 | -11 | " " foncé„ | 7,92 | 0,875 | 9,05 | 13,622 | 1,21 | 8,0 |
| 2 | 12 - 18 | -15 | sable brun grisâtre | 6,34 | 0,7 | 9,06 | 10,905 | 1,89 | 8,1 |
| 2' | 18 - 20 | -19 | " " " | 9,50 | 0,945 | 10,05 | 16,340 | 0,29 | 8,15 |
| 3 | 20 - 26 | -24 | sableux B.G. foncé | 5,81 | 0,665 | 8,74 | 9,993 | 1,66 | 8,1 |
| 3' | 26 - 28 | -27 | sablo-limoneux B.G.F. | 10,56 | 1,295 | 8,15 | 18,183 | 3,62 | 8,0 |
| 4 | 28 - 34 | -32 | sable brun grisâtre | 0,358 | 0,350 | | | 0,29 | 7,8 |
| 4' | 34 - 36 | -34 | sableux B.G.F. | 7,92 | 0,980 | 8,08 | 13,622 | 0,91 | 7,8 |
| 5 | 36 - 42 | -41 | " " | 11,09 | 1,120 | 9,90 | 19,075 | 0,87 | 7,7 |
| 5' | 42 - 44 | -43 | " " | 15,31 | 1,505 | 10,17 | 26,333 | 1,95 | 8,0 |
| 6 | 44 - 50 | -48 | " B.G.T.F. | 19,01 | 2,135 | 8,90 | 32,697 | 2,68 | 7,9 |
| 6' | 50 - 52 | -50 | sablo-limoneux B.G.T.F. | 33,26 | 3,675 | 9,05 | 57,207 | 12,91 | 7,8 |
| 7 | couche basale | -55 | sable brun | 0,12 | 0,245 | | | 0 | 8,4 |
| | | | étude du limon prélevé sur la grève amont. | | | | | | |
| | | | | 0,74 | | | | 11,25 | 7,5 |

Les couleurs indiquées sur les tableaux ont été déterminées après humidification de chacun des sols.

Les abréviations : B.G.F. = brun grisâtre foncé ; B.G.T.F. = brun grisâtre très foncé.

2.3.3.2. VOUVRAY prélèvement de sable

| n° du prélèvement | Profondeur en cm. | niveau du prélèvement | aspect-couleur | carbone en mg/g | azote en mg/g | C/N | mat. org. mg/g | calcaire en % | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 - 17 | -10 | sableux brun grisâtre très foncé | 6,86 | 0,77 | 8,91 | 11,799 | 3,98 | 8,2 |
| 2 | 17 - 26 | -25 | sableux brun-grisâtre | 5,89 | 0,77 | 7,65 | 10,130 | 1,89 | 8,2 |
| 3 | 26 - 34 | -30 | sablo-limoneux B.G.F. | 13,20 | 1,645 | 8,02 | 22,704 | 0,29 | 7,9 |
| 4 | 34 - 37 | -35 | sableux brun-grisâtre | 7,92 | 0,630 | 12,57 | 13,622 | 0,75 | 8,1 |
| 5 | 37 - 45 | -43 | sablo-limoneux B.G. | 16,37 | 1,505 | 10,88 | 28,156 | 1,29 | 7,9 |
| 6 | 45 - 48 | -47 | sableux brun-grisâtre | 6,34 | 0,315 | 20,13 | 10,905 | 0,35 | 8,0 |
| 7 | 48 - 55 | -53 | sablo-limoneux B.G. | 15,31 | 1,400 | 10,94 | 26,333 | 0,33 | 7,85 |
| 8 | couche basale | -60 | sable brun jaunâtre clair | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,2 |

étude du limon prélevé sur la grève amont

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0,76 | | | | 3,71 | 7,7 |

2.3.4. Remarques conclusives.

L'étude du profil de St-Jean-de-la-Croix montre que l'alternance des couches n'est pas aussi nette qu'elle apparaissait sur le terrain au point d'entraîner treize prélèvements.

Cependant on peut au moins distinguer deux zones séparées par une couche de sable celle du n° 4. En effet, les deux "horizons" de sable n° 4 et n° 7 sont surmontés d'une couche sablo-limoneuse plus foncée dont les teneurs en carbone, azote et calcaire sont nettement supérieures à celles du sable sous-jacent. On peut admettre, semble-t-il, que ces horizons 3' et 4, d'une part, et 6' et 7, d'autre part, se sont formés dans des conditions identiques ; une couche de sable apporté sans doute par les inondations a été recouverte d'une couche de limon provenant très certainement d'une énorme flaque d'eau qui s'est désséchée comme celles que l'on observe aujourd'hui.

Enfin les horizons sablo-limoneux surtout le n° 6' apparaissent comme de véritables "horizons d'accumulation", les teneurs en carbone, azote et calcaire augmentant régulièrement depuis le niveau supérieur.

Le profil de Vouvray montre une alternance plus nette aussi bien sur le plan de la texture et de la couleur que sur le plan de la composition chimique. Ici on peut semble-t-il admettre la succession d'un dépôt de sable et d'une couche organique provenant en partie des arbres en place. La couche n° 7 de Vouvray contenait en effet de très nombreux fragments parfaitement reconnaissables de feuilles de Peuplier.

Les limons de surface sont caractérisés dans les deux cas par une faible teneur en carbone et une forte teneur en azote et calcaire. Or on sait qu'en milieu actif et bien aéré la minéralisation de la matière organique fraîche est rapide. C'est sans doute le cas ici.

L'abondance de l'azote, confirmée par la présence de nombreuses plantes nitrophiles, pourrait s'expliquer par une très forte teneur de l'eau en azote organique. En effet, les quantités de nitrates (ions $NO_3$-) dans l'eau de Loire ne dépassent pas des teneurs normales comprises entre 5 et 10 mg/l ; les teneurs en nitrites étant elles-mêmes très faibles (7) (8).

(7) Nous n'avons pas jugé bon de faire paraître ces teneurs sur le tableau, les résultats ne nous paraissant pas significatifs.

(8) Les parts respectives des matières en solution et en suspension transportées en Loire à Tours, pour un débit de 81 m3/s sont respectivement de 112 mg/l et de 34,6 mg/l (Y. BABONAUX 1970 p. 173).

Remarquons enfin que le limon de St-Jean-de-la-Croix est plus riche en calcaire que celui de Vouvray pourtant situé au sein des tuffeaux de Touraine. Est-ce dû à une dissolution plus complète du calcaire en aval ? C'est une hypothèse possible.

3. *La Loire.*

3.1. Le profil du fleuve et les grèves.

De Tours à Angers le lit apparent de la Loire, c'est-à-dire le fleuve lui-même, a un tracé à peu près rectiligne ou présentant quelques très larges rayons de courbure. Il accuse une pente à l'étiage de 34 cm par kilomètre entre Amboise et Tours. Cette valeur descend à 28 cm jusqu'au confluent de la Vienne pour atteindre 20 cm vers l'aval (9).

En régime de basses eaux, le lit apparent découvre une série de grèves sableuses en continuel remaniement par le fleuve et dont l'aspect et même la situation peuvent changer d'une année à l'autre. Ces grèves disposées en quinconce contre l'une et l'autre rive alternent avec des fonds ou mouilles entre lesquels s'est installé le chenal de navigation (fig. 5).

Au-dessus de l'étiage conventionnel défini par le niveau des plus basses eaux de 1858 (10), les grèves atteignent en général une hauteur de

(9) La Loire a une pente moyenne de 40 cm par kilomètre pour les 723 kilomètres de son cours de plaine. Par comparaison, le Rhône a une pente de 50 cm pour 375 km ; la Garonne, une pente de 60 cm pour 360 km et la Seine une pente de 9 cm seulement (Y. BABONAUX 1970 p. 120).

(10) En principe l'étiage se définit comme le niveau moyen des plus basses eaux observées pendant un certain nombre d'années. Ce niveau qui est indiqué par un zéro devient ainsi le point de départ pour mesurer les hauteurs d'eau ou cotes au-dessus de ce point. Les chiffres sont inscrits sur une échelle verticale placée le long d'une rive, généralement sur une pile de pont. En pratique pour la Loire on a choisi le profil des plus basses eaux de 1858 (G. DENIZOT 1936 p. 66), (J. LARRAS 1972 p. 4).

Etiages de la Loire (G. DENIZOT 1936 p. 94)

R.G. = position des échelles sur le kilométrage de la rive gauche.
R.D. = position correspondante sur la rive droite.
Origine à 292 km de la source ; les distances sont arrondies au demi-hectomètre; l'astérisque indique la rive où se trouve l'échelle.
1 = zéro des échelles, rapportées au nivellement Lallemand.
2 = cote d'étiage de 1858.
3 = altitudes d'étiages actuellement admissibles, à 0,1 m près.

| R.G. | | R.D. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 446,45 | °TOURS | 448,20 | 44,38 | -0,10 | 44,2 |
| 553,70 | LES-PONTS-DE-CE° | 555,80 | 15,17 | -0,08 | 15,2 |
| 561,25 | LA POINTE° | 562,90 | 13,36 | 0,00 | 13,3 |

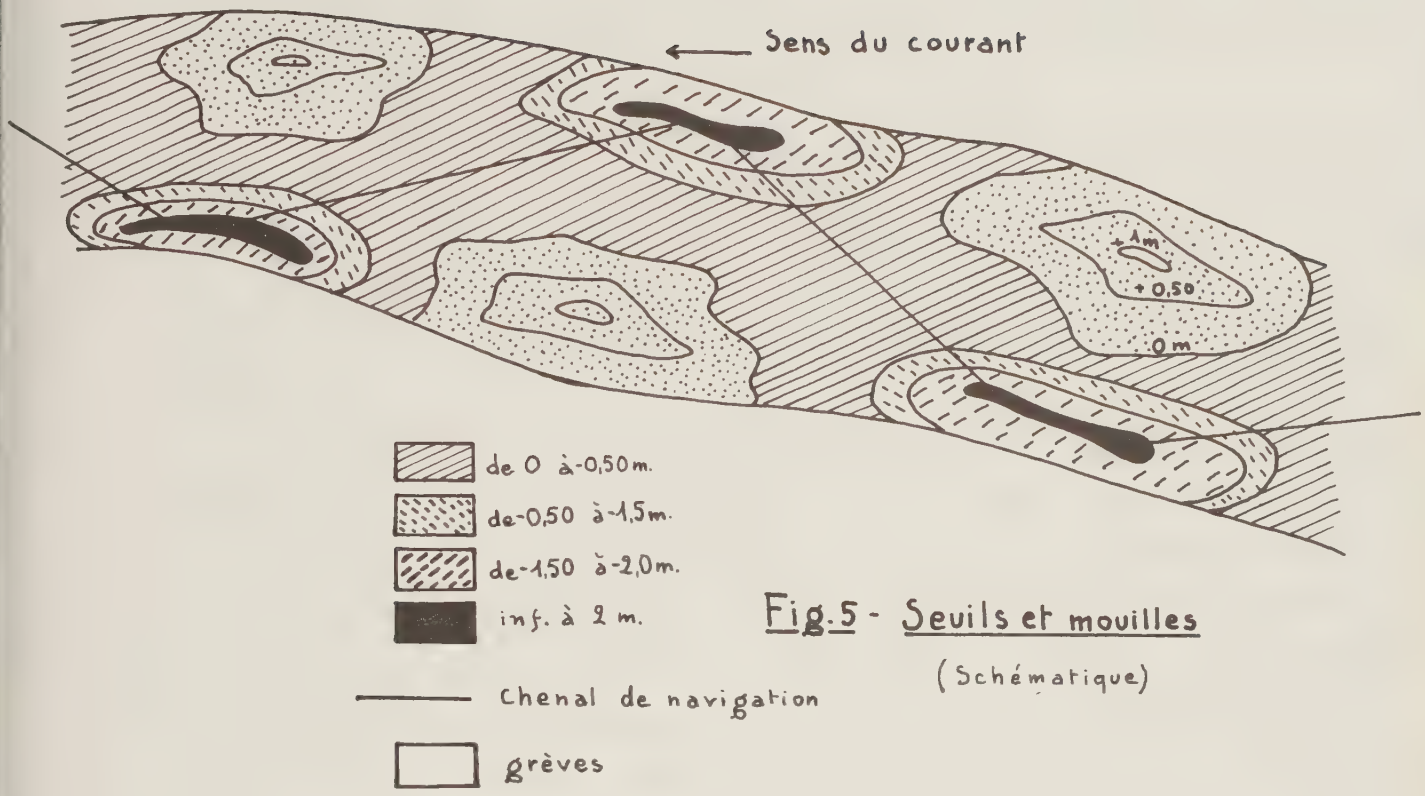



Fig.5 - Seuils et mouilles
(Schématique)

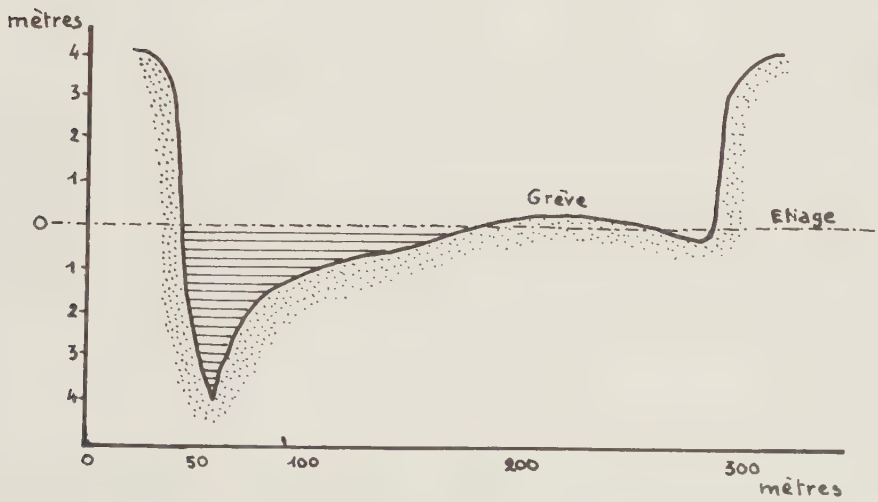



Fig.6 - Coupe schématique du lit de la Loire
(d'après Kauffmann)

1,50 m. Elles ont, d'amont en aval, une légère contre-pente de 0,1 à 0,3 %, puis un plateau suivi d'une chute brusque en aval, le "cul de grève". Leur développement peut atteindre surtout dans le cours inférieur plusieurs kilomètres de longueur sur quelques centaines de mètres de largeur, telles les grèves de Montjean, d'Ingrandes-sur-Loire, de Mauves. Les mouilles situées le long des berges correspondent au contraire à de véritables fosses dont la profondeur peut atteindre quatre mètres.

Dans ce profil en long, les îles ont une situation particulière. En dehors de quelques cas où elles occupent une position médiane - île du Saugé en aval de la Riche, près de Tours (B. BOMER, 1972 p. 74) - elles s'installent en règle générale latéralement, suivant en cela les grèves elles-mêmes dont elles sont souvent accompagnées ou dont elles dérivent par exhaussement de niveau.

Le profil en travers du fleuve, dont la largeur oscille localement entre 500 m pour le parcours tourangeau et 350 m pour le parcours angevin (11), acquiert ainsi une dissymétrie telle que le courant est souvent partagé en deux bras inégaux (fig. 6). A l'étiage l'écoulement du fleuve peut encore se faire par le bras le plus réduit ; c'est ce qui se produit à l'île aux Hoplias où dans ce bras la hauteur d'eau n'est plus alors en moyenne que de 50 cm, tandis qu'à St-Jean-de-la-Croix, l'île est pratiquement reliée à la terre sauf en de rares endroits devenus de petits marigots.

### 3.2. Le régime du fleuve et son influence sur la végétation.

#### 3.2.1. Les basses eaux.

Soumise à une alimentation en eau particulièrement capricieuse, en raison du caractère imperméable de son bassin de réception, la Loire est un fleuve de régime très irrégulier. En particulier la "sécheresse méditerranéenne" qui règne sur le haut bassin en été, même si elle est localement compensée par quelques orages, entraîne en juillet, août et septembre une période de basses eaux très favorables au développement de la végétation sur

(11) Cette largeur "angevine" de 350 m est largement dépassée aux abords des Ponts-de-Cé puisqu'entre Saumur et cette ville la largeur moyenne de la Loire coulant à pleins bords est de 470 m. Aux Ponts-de-Cé, elle atteint même 494 m (Gu. 1882/312).

les grèves ainsi découvertes. La carte des débits moyens mensuels d'après l'annuaire hydrologique de la France (1958), illustre bien ce phénomène (fig. 7).

Si l'on prend comme valeur de référence le niveau d'étiage, une étude comparative faite sur les douze dernières années donne le nombre de jours où cette cote a été atteinte. On remarquera que certaines années (1967, 1972, 1973) ont été particulièrement "sèches".

3.2.1.1. Cas des grèves de l'île aux Hoplias.

Nombre de jours où la Loire a atteint la cote d'étiage ou une valeur inférieure à Tours (pont Wilson) (12).

| | mai | juin | juillet | août | septembre | octobre | novembre | Total: n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1963 | 0(31) | 0(30) | 3(28) | 9(22) | 9(21) | 27(4) | 7(23) | 55 (159) |
| 1964 | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 30(0) | 152 (92) |
| 1965 | 0(31) | 0(30) | 29(2) | 30(1) | 7(23) | 0(31) | 0(30) | 66 (148) |
| 1966 | 0(31) | 18(12) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 0(30) | 141 (73) |
| 1967 | 21(10) | 27(3) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 6(24) | 177 (37) |
| 1968 | 0(31) | 0(30) | 29(2) | 28(3) | 3(27) | 0(31) | 0(30) | 60 (154) |
| 1969 | 0(31) | 0(30) | 8(23) | 29(2) | 8(22) | 29(2) | 19(11) | 93 (121) |
| 1970 | 0(31) | 0(30) | 7(24) | 31(0) | 30(0) | 22(9) | 22(8) | 112 (102) |
| 1971 | 0(31) | 0(30) | 26(5) | 29(2) | 30(0) | 31(0) | 25(5) | 141 (73) |
| 1972 | 5(26) | 27(3) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 17(13) | 172 (42) |
| 1973 | 7(24) | 18(12) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 24(7) | 30(0) | 171 (43) |
| 1974 | 20(11) | 30(0) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 7(24) | 0(30) | 149 (65) |

(12)Les résultats soulignés ont été extrapolés par comparaison avec ceux d'Angers (observations non faites à Tours).
Les chiffres entre parenthèses indiquent la différence entre le nombre de jours du mois et celui où la Loire a atteint sa cote d'étiage. Ils correspondent au nombre (n) de jours de "hautes eaux". C'est d'après ces résultats qu'est établi le graphique ci-après (fig. 8).

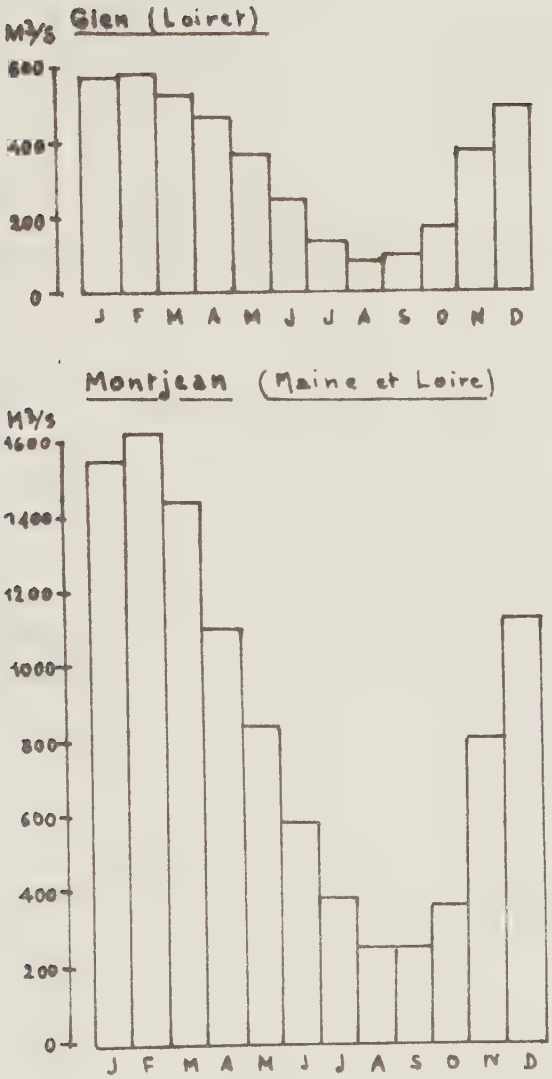



Fig 7 Débits moyens mensuels

Fig. 8

Situation possible des étés à l'île aux Hoplias.

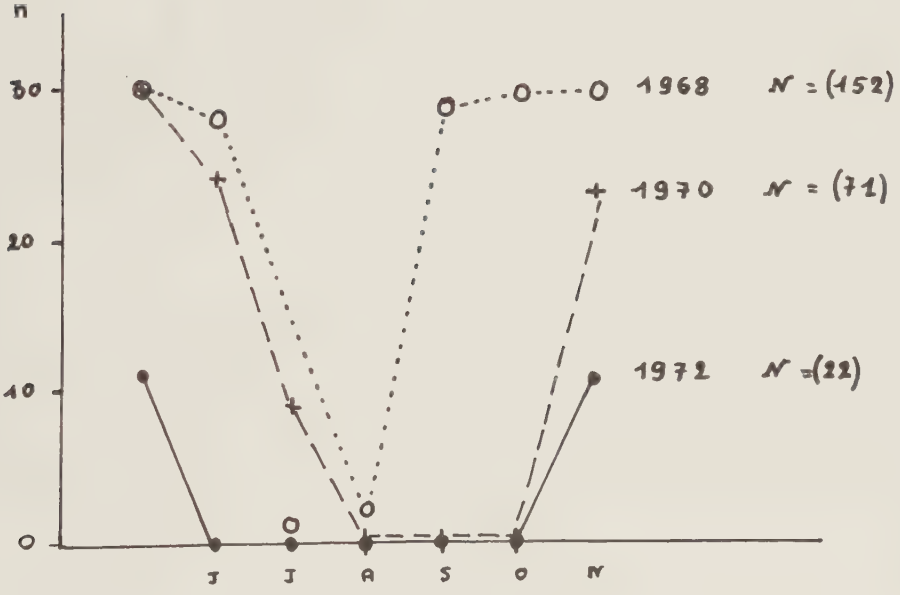



Fig. 9

Situation possible des étés à l'île de St-Jean-de-la-Croix.

3.2.1.2. Cas des grèves de l'île de St-Jean-de-la-Croix.

Nombre de jours où la Loire a atteint la cote d'étiage ou une valeur inférieure aux Ponts-de-Cé (Pont Dumnacus).

| | mai | juin | juillet | août | Septembre | octobre | novembre | Total: n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1963 | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 0(30) | 0(214) |
| 1964 | 0(31) | 0(30) | 17(14) | 31(0) | 30(0) | 13(18) | 0(30) | 91(123) |
| 1965 | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 6(25) | 4(26) | 0(31) | 0(30) | 10(204) |
| 1966 | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 0(31) | 16(14) | 4(27) | 0(30) | 20(194) |
| 1967 | 0(31) | 0(30) | 4(27) | 20(11) | 0(30) | 0(31) | 0(30) | 24(190) |
| 1968 | 0(31) | 0(30) | 0(27) | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 0(30) | 0(214) |
| 1969 | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 2(29) | 1(29) | 6(25) | 7(23) | 16(198) |
| 1970 | 0(31) | 0(30) | 0(31) | 25(6) | 30(0) | 13(17) | 0(30) | 68(146) |
| 1971 | 0(31) | 0(30) | 7(24) | 16(15) | 14(16) | 31(0) | 22(8) | 90(124) |
| 1972 | 0(31) | 3(27) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 11(19) | 137(77) |
| 1973 | 0(31) | 5(25) | 28(3) | 24(7) | 30(0) | 12(19) | 27(3) | 126(88) |
| 1974 | 0(31) | 16(14) | 31(0) | 31(0) | 25(5) | 0(31) | 0(30) | 103(111) |

Ces chiffres comparés avec ceux observés à Tours peuvent paraître faibles. En réalité rappelons que les valeurs d'étiage sont de simples conventions ; or les observations faites sur les grèves de l'île aux Hoplias et sur celles de St-Jean-de-la-Croix montrent que leur situation par rapport à ce niveau est fort différente. En effet, les grèves de St-Jean-de-la-Croix sont situées à une hauteur moyenne de 1,20 m au dessus de la cote d'étiage des Ponts-de-Cé, - valeur qui confirme celle déjà relevée par G. DENIZOT (1936-1939 p. 67) - tandis que les grèves de l'île aux Hoplias ne dépassent pas 70 cm (13). Si on veut comparer l'état d'assèchement des grèves et par voie de conséquence le comportement des végétations qui leur sont associées, il faut pratiquement rehausser les valeurs d'étiage lues aux Ponts-de-Cé d'environ 50 cm, hauteur qui correspond à la différence de niveau entre les grèves des deux îles.

(13) Cette valeur comparée à celle donnée par l'ingénieur CORMIER dans son rapport de 1836 (Gu. 1881/11-15), montre que la hauteur moyenne des grèves ne s'est guère modifiée dans cette région en 150 ans.

Le tableau repris dans cette perspective donne :

Nombre de jours où la Loire a atteint la cote de 0,50 cm ou une valeur inférieure aux Ponts-de-Cé (14).

| | mai | juin | juillet | août | septembre | octobre | novembre | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1963 | 0(31) | 0(30) | 6(25) | 0(31) | 0(30) | 27(4) | 0(30) | 33(181) |
| 1964 | 0(31) | 12(18) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 30(0) | 165(49) |
| 1965 | 0(31) | 2(28) | 31(0) | 31(0) | 5(25) | 0(31) | 0(30) | 69(145) |
| 1966 | 0(31) | 4(26) | 27(4) | 31(0) | 30(0) | 27(4) | 0(30) | 119(95) |
| 1967 | 0(31) | 28(2) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 0(27) | 154(60) |
| 1968 | 0(31) | 2(28) | 30(1) | 29(2) | 1(29) | 0(31) | 0(30) | 62(152) |
| 1969 | 0(31) | 0(30) | 15(16) | 31(0) | 10(20) | 30(1) | 12(18) | 98(116) |
| 1970 | 0(31) | 6(24) | 22(9) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 23(7) | 143(71) |
| 1971 | 0(31) | 0(30) | 28(3) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 27(3) | 147(67) |
| 1972 | 20(11) | 30(0) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 19(11) | 192(22) |
| 1973 | 17(14) | 25(5) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 31(0) | 30(0) | 195(19) |
| 1974 | 15(16) | 30(0) | 31(0) | 31(0) | 30(0) | 7(24) | 0(30) | 144(70) |

En dehors de quelques variations dues aux affluents, Cher, Indre et Vienne, les valeurs lues sont comparables ; elles indiquent que, dans la plupart des années, les mois favorables à la période végétative sont les mois de plein été. Certaines espèces, en particulier celles de l'Alliance du *Nanocyperion flavescentis* W. KOCH 1926, dont la période de germination et de croissance se situe en septembre et octobre et qui s'installent au niveau de l'étiage ne pourront apparaître si le niveau de l'eau est trop élevé. Les années 1965 et 1968 ont été de celles-là puisque pour ces deux années les grèves n'ont pas été découvertes en septembre et octobre. L'année 1974 a d'abord été favorable - mois de septembre avec 30 jours de cote inférieure à l'étiage - puis le mois d'octobre a vu une remontée rapide de la Loire qui a rapidement recouvert les végétations situées aux niveaux les plus bas.

(14) La figure 9 donne le graphique correspondant.

En ce qui concerne les autres espèces, celles associées aux alliances du *Chenopodion fluviatile* Tüxen 1950, et du *Bidention tripartiti* Nordhagen 1940, ainsi que les espèces compagnes, le nombre de jours reste en général suffisant pour que ces espèces, en majorité des thérophytes (voir deuxième partie § 1.1.3.: spectres biologiques), assurent leur cycle complet au cours de l'été (15). Il en est de même pour les espèces situées aux niveaux les plus élevés (plus de 2,00 m au dessus de l'étiage) et qui ne sont plus soumises aux fluctuations de la rivière.

Rappelons enfin qu'à tous les niveaux, d'autres facteurs peuvent intervenir : granulométrie, régime des pluies. Ils ont été envisagés ou le seront dans les paragraphes suivants.

3.2.2. Les moyennes eaux :

En régime de basses eaux les grèves sont découvertes, le fleuve se réduit à un chenal et les éléments en suspension sont la plupart du temps entraînés vers l'aval. Quand les eaux montent, ou baissent après une crue, jusqu'à atteindre le niveau supérieur des grèves, le ralentissement du courant qui se produit au contact du sable favorise le dépôt de limons riches en substances minérales et organiques, et en graines. Si les conditions climatiques sont par ailleurs favorables - température et hauteur d'eau suffisantes -, ces graines ne tardent guère à germer au point de transformer certaines grèves en de véritables prairies. Le laps de temps pendant lequel s'installe une telle situation peut donc être intéressant à considérer car il est un facteur de colonisation des grèves.

(15)Dans la série des années étudiées, seule l'année 1963 apparaît comme défavorable avec une période de hautes eaux constantes du printemps à l'automne (N= 159 à Tours et 181 aux Ponts-de-Cé).

3.2.2.1. Cas des grèves de l'île de St-Jean-de-la-Croix :

Nombre de jours où la cote de la Loire s'est située entre 0 et 1,20 m (niveau moyen supérieur des grèves à St-Jean-de-la-Croix.)

(le chiffre 0 indique que la cote était soit supérieure à 1,20 m soit inférieure à l'étiage)

| | avril 1 | mai 2 | juin 3 | juillet 4 | août 5 | septembre 6 | octobre 7 | Total 1+2+3 | Total 4+5+6+7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1963 | 0 | 26 | 8 | 26 | 27 | 30 | 31 | 34 | 114 |
| 1964 | 0 | 10 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 |
| 1965 | 0 | 6 | 8 | 31 | 23 | 6 | 0 | 14 | 60 |
| 1966 | 0 | 0 | 30 | 31 | 31 | 15 | 31 | 30 | 108 |
| 1967 | 10 | 27 | 26 | 25 | 25 | 12 | 30 | 63 | 92 |
| 1968 | 10 | 18 | 20 | 31 | 31 | 25 | 0 | 48 | 87 |
| 1969 | 0 | 6 | 8 | 27 | 31 | 30 | 31 | 14 | 119 |
| 1970 | 0 | 2 | 30 | 31 | 0 | 4 | 17 | 32 | 52 |
| 1971 | 11 | 15 | 22 | 18 | 15 | 20 | 0 | 48 | 53 |
| 1972 | 30 | 31 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 |
| 1973 | 30 | 31 | 26 | 3 | 7 | 0 | 20 | 87 | 30 |
| 1974 | 20 | 31 | 15 | 1 | 0 | 5 | 23 | 66 | 29 |

De ce tableau il ressort que dans les douze dernières années, les deux années 1967 et 1968 avec respectivement 63 et 48 jours de moyennes eaux de printemps, puis les quatre dernières, ont été particulièrement favorables à l'installation de la végétation. Les graines, spécialement celles de Peuplier et de Saule, ont pu être apportées pendant les mois d'avril, mai ou juin, puis déposées en bordure des grèves à un niveau qui se situe entre les cotes 0 et 1,10 m. Le dépôt des graines, qui doit être suivi d'une baisse temporaire des eaux, se fait naturellement à une même hauteur si bien que lors de la croissance le peuplement apparaît en ligne matérialisant ainsi de véritables courbes de niveau. C'est en effet ce qui correspond aux observations que nous avons faites sur les grèves de St-Jean-de-la-Croix où plusieurs jeunes Saulaies et Peupleraies avaient en 1970 entre deux et trois ans (16). L'année 1963 est également une année favorable bien que la hauteur des eaux pendant les mois d'été et d'automne n'ait sans doute pas favorisé la croissance. Plusieurs grands Saules et Peupliers semblent correspondre à une installation faite à cette époque. Enfin les quatre dernières années ont permis également de très nombreuses germinations. Il faut toutefois tenir compte de l'extrême variabilité de la production des semences ; une année favorable sur

(16) Les Saules et Peupliers des grèves de St-Jean ont à l'automne 1970, 1,20 m de hauteur en moyenne. Les semences ont sans doute été déposées le 15 juin 1968, date qui correspond à la cote de 0,75 m qui est le niveau actuel des Saules (fig. 11).

le plan transport peut ne pas l'être sur le plan apport, ainsi en fût-il des années 1972 (production forte de graines de Peupliers) 1973 (production faible) et 1974 (production moyenne) (17).

3.2.2.2. Cas des grèves de l'île aux Hoplias :

Nombre de jours où la cote de la Loire s'est installée entre 0 et 0,70 m (niveau moyen supérieur des grèves à l'île aux Hoplias).

| | avril 1 | mai 2 | juin 3 | juillet 4 | août 5 | septembre 6 | octobre 7 | Total 1+2+3 | Total 4+5+6+7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1963 | 0 | 30 | 22 | 27 | 24 | 22 | 4 | 52 | 77 |
| 1964 | 0 | 20 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 |
| 1965 | 20 | 13 | 16 | 2 | 1 | 15 | 20 | 49 | 38 |
| 1966 | 15 | 17 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 |
| 1967 | 30 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 |
| 1968 | 30 | 22 | 23 | 2 | 1 | 27 | 26 | 75 | 56 |
| 1969 | 17 | 6 | 1 | 24 | 4 | 24 | 0 | 24 | 52 |
| 1970 | 0 | 28 | 30 | 0 | 0 | 0 | 8 | 58 | 8 |
| 1971 | 1 | 23 | 30 | 5 | 2 | 0 | 0 | 54 | 7 |
| 1972 | 30 | 26 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 0 |
| 1973 | 30 | 23 | 11 | 11 | 1 | 0 | 7 | 64 | 19 |
| 1974 | 23 | NON OBS | N.O. | 0 | 0 | 0 | 15 | | |

Le tableau correspondant pour l'île aux Hoplias indique plusieurs années favorables. L'année 1968 est cependant la mieux placée à la fois par le nombre de jours favorables au dépôt (avril, mai et juin) et par le nombre de jours favorables à la croissance (niveau suffisant de l'eau pendant les mois de juillet, août, septembre et octobre). Cette année correspond bien aux observations faites en 1970 dans ce que nous avons appelé sur l'île "le couloir des Peupliers" région où croissaient une soixantaine de Peupliers de 1,10 à 1,30 m de hauteur, Peupliers auxquels on pouvait attribuer un âge de deux ou trois ans. L'année 1969, moins bénéfique que 1968 en ce qui concerne la germination (24 jours seulement au lieu de 75) fut par contre très favorable à la croissance estivale et automnale des jeunes plants de l'année précédente (52 jours de moyennes eaux). Par ailleurs on a constaté qu'au même emplacement plusieurs Peupliers avaient un âge beaucoup plus avancé ; ils pourraient correspondre à une installation réalisée en 1963 ou 1965. Enfin parmi les années récentes, comme pour l'île de St-Jean-de-la-Croix, les quatre dernières années ont permis de nombreuses germinations,

(17) Sur cette question voir les développements de la deuxième partie : Remarques écologiques sur la végétation des grèves (§ 1.3.2.).

1971 étant la plus favorable sur le plan alimentation en eau et 1972 la plus favorable sur le plan quantité des semences (nombreuses plantules de Peupliers et de Saules en automne de ces deux années).

3.2.3. Les hautes eaux :

A partir du moment où le fleuve a dépassé le sommet des grèves, c'est-à-dire a rempli la plus grande partie de son lit mineur, d'autres phénomènes liés à la vitesse croissante du courant se produisent. Ce sont des phénomènes de déplacement et de dépôt de matériaux de plus en plus grossiers jusqu'à ce que la vitesse et le débit soient tels que les phénomènes d'érosion et de transport l'emportent sur les phénomènes de sédimentation (18). Selon R. DION (1961 p. 13) "du bec d'Allier au confluent de la Vienne le niveau moyen des berges qui correspond au niveau moyen des plus hautes eaux observées chaque année oscille entre 3 m et 3,50 m". Ce chiffre est celui de la hauteur moyenne des îles au-dessus de l'étiage. A ce niveau la Loire a un débit de 2000 à 3000 m3 par seconde et l'inondation commence. C'est le "*plenissimum flumen*" expression employée par les ingénieurs et les juristes pour définir l'extension juridique du domaine fluvial et dont l'application varie localement selon la disposition des rives.

En période de hautes eaux, c'est-à-dire à partir de deux mètres de cote, ce qui correspond d'une part à une vitesse maximale du courant (18), et à une hauteur dépassant d'environ 1 mètre le sommet des grèves, l'action du fleuve est plus érosive que sédimentaire et les plantes herbacées et arbustives peuvent se trouver arrachées puis emportées par le courant. Il peut être intéressant de considérer la durée de ces hautes eaux dans les deux stations car elle est un facteur non négligeable de la persistance de la végétation sur les grèves.

(18) Valeur des vitesses moyennes du courant en deux points de la Loire moyenne (d'après Y. BABONAUX 1970 p. 143 et 129).

| Loire tourangelle : pente 0,00034 St Patrice | | Loire angevine : pente 0,00015 La Ménitré | |
|---|---|---|---|
| cote | vitesse en m/s. | cote | vitesse en m/s. |
| 0 | 1,12 | 0 | 0,80 |
| 1,00 | 1,11 | 1,00 | 0,76 |
| 1,50 | 1,29 | 1,50 | 0,88 |
| 2,00 | 1,55 | 2,00 | 1,04 |

On évalue approximativement en Basse Loire le charriage annuel à 200 000 tonnes de sables et graviers, 500 000 t. de matières en suspension et 5 500 000 de tonnes de matières en solution soit un total estimé à 6,25 millions de tonnes (Y. BABONAUX p. 195-196). Ce matériel alluvial est évidemment responsable de l'installation et de l'exhaussement des îles.

3.2.3.1. Les hautes eaux à Tours.

Nombre de jours où le fleuve a atteint ou dépassé la cote de 2,00m au pont Wilson.

| année | nombre total de jours | cote comprise entre 2,00 et 3,00 m. | cote supérieure à 3,00 m. |
|---|---|---|---|
| 1963 | 3 | 3 | 0 |
| 1964 | 2 | 2 | 0 |
| 1965 | 14 | 14 | 0 |
| 1966 | 16 | 16 | 0 |
| 1967 | 0 | 0 | 0 |
| 1968 | 12 | 7 | 5 |
| 1969 | 6 | 5 | 1 |
| 1970 | 10 | 5 | 5 |
| 1971 | 0 | 0 | 0 |
| 1972 | 0 | 0 | 0 |
| 1973 | 3 | 3 | 0 |
| 1974 | 0 | 0 | 0 |

Pour ces mêmes dates le débit maximum à Tours évoluait entre 1080 m3/s pour une cote de 1,67 m le 6 janvier 1967 et 2750 m3/s pour une cote de 3,80 m le 31 décembre 1968.

3.2.3.2. Les hautes eaux aux Ponts-de-Cé.

Nombre de jours où le fleuve a atteint ou dépassé la cote de 2,50m au pont Dumnacus. (Cette cote correspond à une hauteur d'environ 1 m au dessus des grèves de St-Jean-de-la-Croix.)

| année | nombre total de jours | entre 2,50 et 3,00 m | entre 3,00 et 3,50 m | au dessus de 4,00 m |
|---|---|---|---|---|
| 1963 | 32 | 16 | 16 | 0 |
| 1964 | 20 | 12 | 8 | 0 |
| 1965 | 50 | 16 | 24 | 10 |
| 1966 | 89 | 23 | 40 | 26 |
| 1967 | 30 | 20 | 10 | 0 |
| 1968 | 46 | 17 | 18 | 11 |
| 1969 | 40 | 24 | 13 | 3 |
| 1970 | 59 | 20 | 19 | 20 |
| 1971 | 20 | 11 | 9 | 0 |
| 1972 | 20 | 10 | 10 | 0 |
| 1973 | 10 | 7 | 3 | 0 |
| 1974 | 32 | 16 | 15 | 1 |

Pour ces mêmes dates le débit maximum à Montjean évoluait entre 2580 m3/s pour une cote de 4,46 m le 1 avril 1964 et un débit de 5050 m3/s pour une cote de 6,00 m le 13 janvier 1968.

Les deux tableaux précédents indiquent que les quatre dernières années ont été particulièrement favorables à la persistance de la végétation au niveau supérieur des grèves. En effet à Tours, trois jours de crue de plus de 2 mètres et, aux Ponts-de-Cé, 82 jours de crue de plus de 2,50 m dont un seul de plus de quatre mètres ont été enregistrés.

Comme nous le verrons plus loin, l'analyse du spectre biologique de ce niveau fait apparaître une forte proportion de plantes vivaces, hémicryptophytes et géophytes à rhizomes dont le mode de fixation est bien adapté à l'action érosive du courant.

La faible amplitude des crues et leur peu de durée expliquent, de ce fait, que les grèves de Vouvray et surtout celles de St-Jean-de-la-Croix se soient peuplées rapidement ces dernières années d'une abondante végétation herbacée qui s'est ajoutée à la présence des Saules et Peupliers au point de transformer par endroits les grèves en une véritable prairie.

### 3.2.4. Remarques conclusives.

La comparaison des cotes de la Loire dans les deux stations de Tours et des Ponts-de-Cé montre que, dans l'ensemble, et malgré le retard observé parfois à la décrue dans la station située la plus en aval, les profils sont sensiblement les mêmes (fig. 10, 11, 12 et 13).

Par contre les débits, les amplitudes de crue et par voie de conséquence les vitesses d'établissement des crues sont plus grandes aux Ponts-de-Cé qu'à Tours. Ceci est dû à l'apport des affluents. C'est ainsi que le Cher amène à la Loire un débit de 80 m3/s, l'Indre et surtout la Vienne grossie de la Creuse 250 m3/s, la Maine 150 m3/s (Y. BABONAUX 1970 p. 158), ce qui double le nombre moyen des débordements et quadruple la fréquence des crues (R. DION 1961 p. 61).

Cet étagement plus grand des cotes à mesure que l'on descend vers la Basse-Loire entraîne, au point de vue de la répartition de la végétation, des conséquences importantes. Les associations végétales des grèves étant pour une part liées à la plus ou moins grande humidité du milieu, on peut s'attendre à ce que celles-ci soient de plus en plus différenciées et étagées à mesure que l'on se dirige vers l'aval. C'est ce que montrera la comparaison de la composition et de la situation des relevés entre la station

de l'île aux Hoplias et celle de St-Jean-de-la-Croix (Voir deuxième partie § 2.2.3.6. et tableau de la page 87).

Enfin, bien qu'en dehors des deux périodes de hautes eaux de 1955 et 1966 il n'y ait plus eu de fortes crues en Loire, il ne faut pas négliger l'importance de l'action érosive continue des eaux sur les grèves et les îles. "Les hautes eaux des années récentes ont éliminé les végétations pionnières des Saules, Peupliers et *Paspalum distichum* L. aux niveaux 2,20 - 2,50 m d'une île en formation dans le grand bras de la Loire au nord de l'île aux Chevaux (Les Ponts-de-Cé)" (R. CORILLION 1970-1971 p. 147). Nous avons constaté un phénomène du même ordre sur les grèves de St-Jean-de-la-Croix où, au niveau de l'étiage, des peuplements denses de Saules, dans lesquels nous avions installé à l'automne 1970 des carrés témoins pour suivre l'évolution de la végétation, étaient, l'été suivant, disparus et leurs emplacements devenus inaccessibles même aux basses eaux. Le même l'îlot 2 (voir carte des grèves de St-Jean-de-la-Croix, fig. 23) est à l'été 1973 sérieusement menacé sur sa rive nord par l'érosion. Dans le premier cas la cote maximum de la Loire aux Ponts-de-Cé s'est élevée à 2,84 m pendant l'hiver 1970-1971 ; dans le deuxième cas elle n'a pas dépassé 2,50 m pendant l'hiver 1972-1973. Des cotes de faible ou de moyen niveau ont donc une action érosive certaine.

Sur l'île aux Hoplias les phénomènes sont d'un autre ordre. L'installation en 1972 d'une gravière avec suceuse située à une centaine de mètres en amont de la pointe de l'île risque d'ici à quelques années de modifier complètement la topographie des lieux.

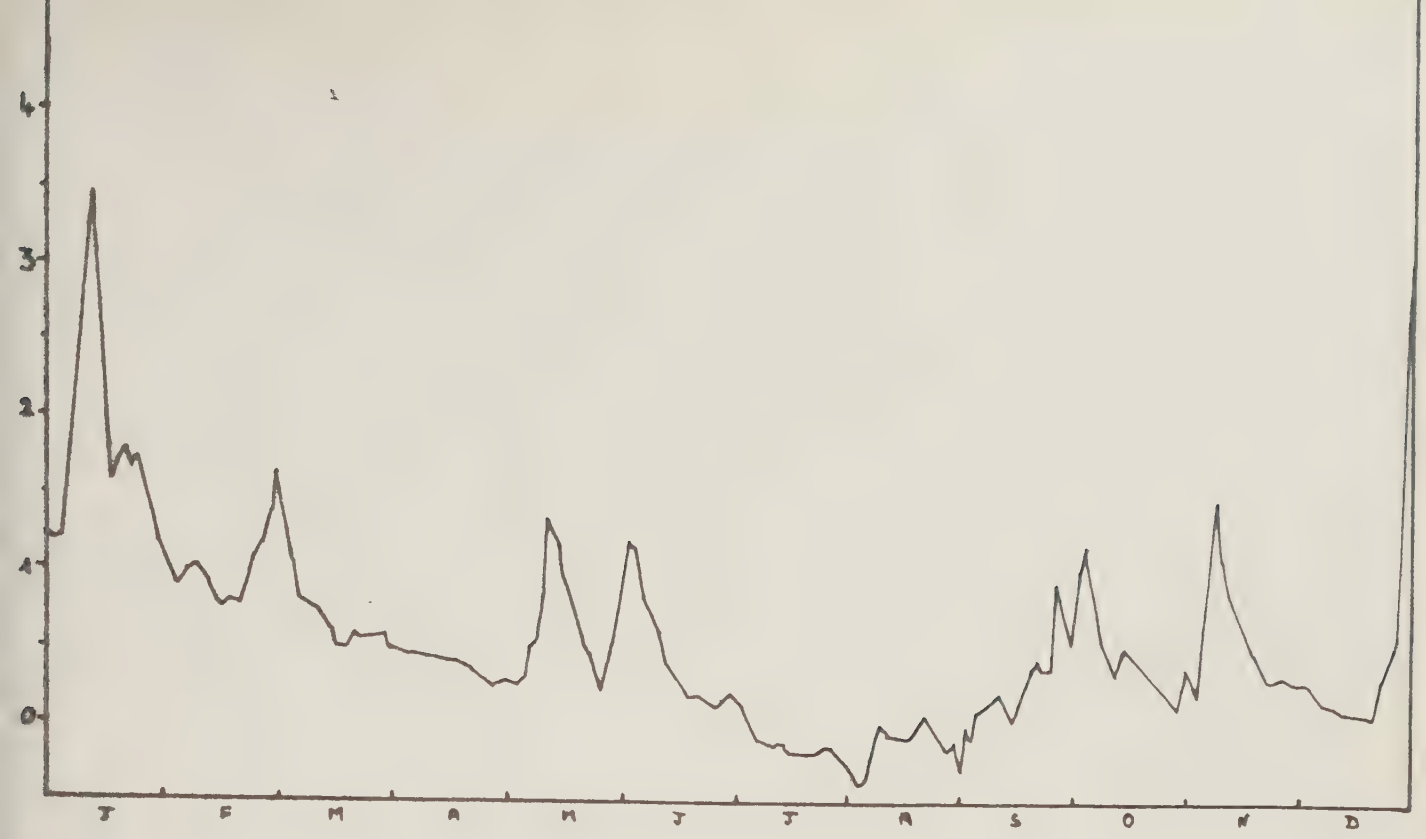



Fig. 10 - Profil et cotes de la Loire. Tours 1968.

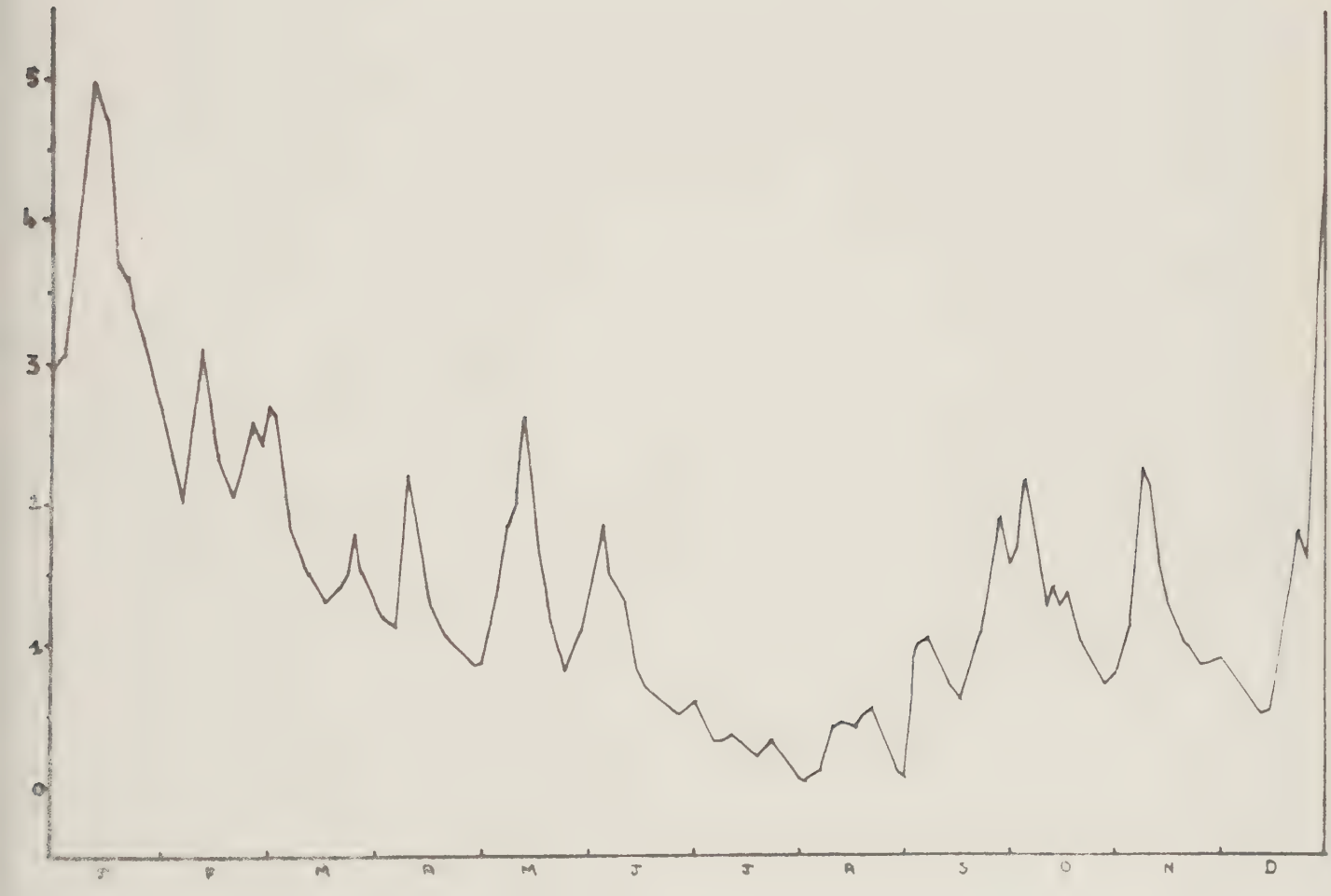



Fig. 11 - Profil et cotes de la Loire. Les-Ponts-de-Cé 1968.

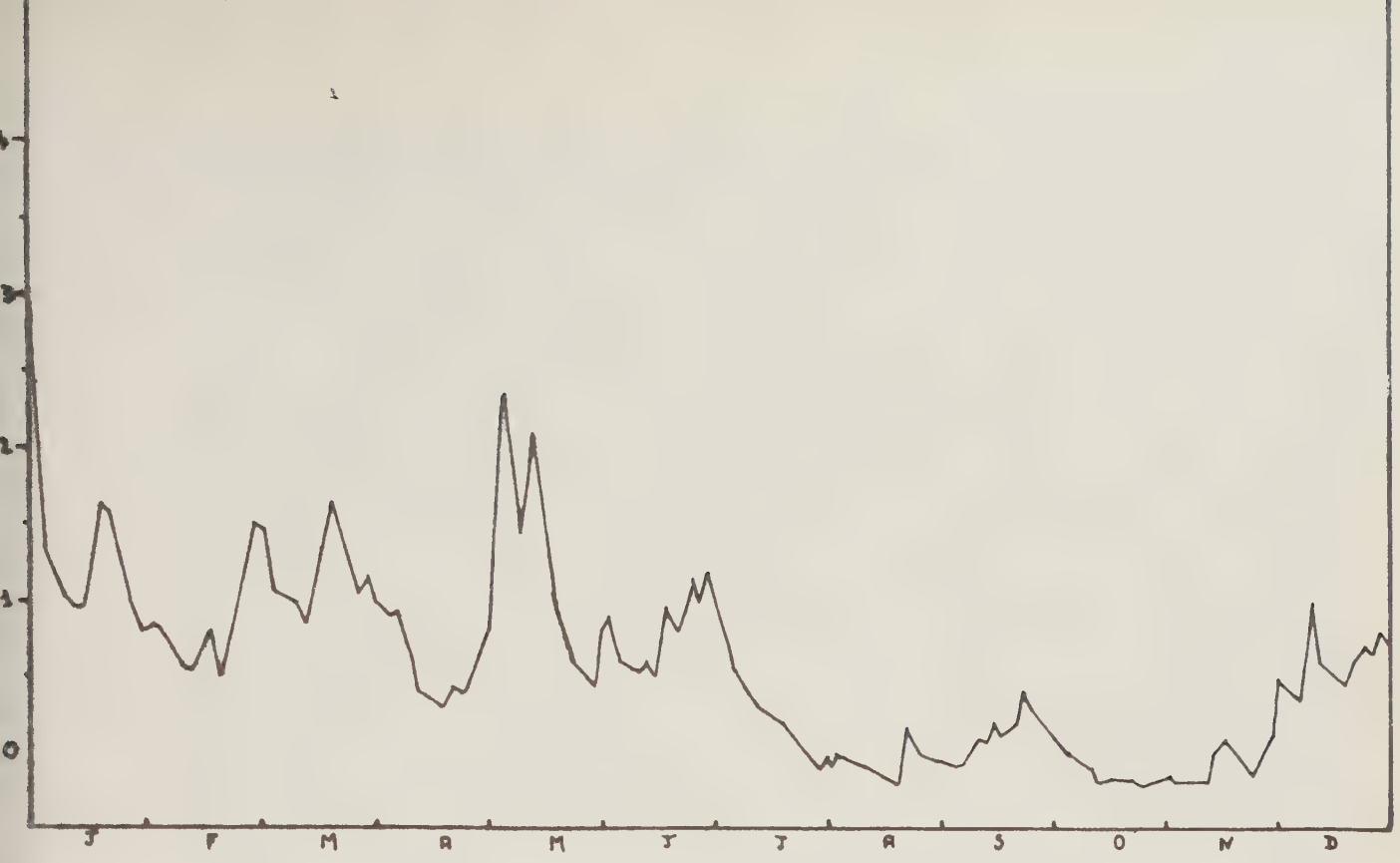



Fig. 12 - Profil et cotes de la Loire. Tours 1969.

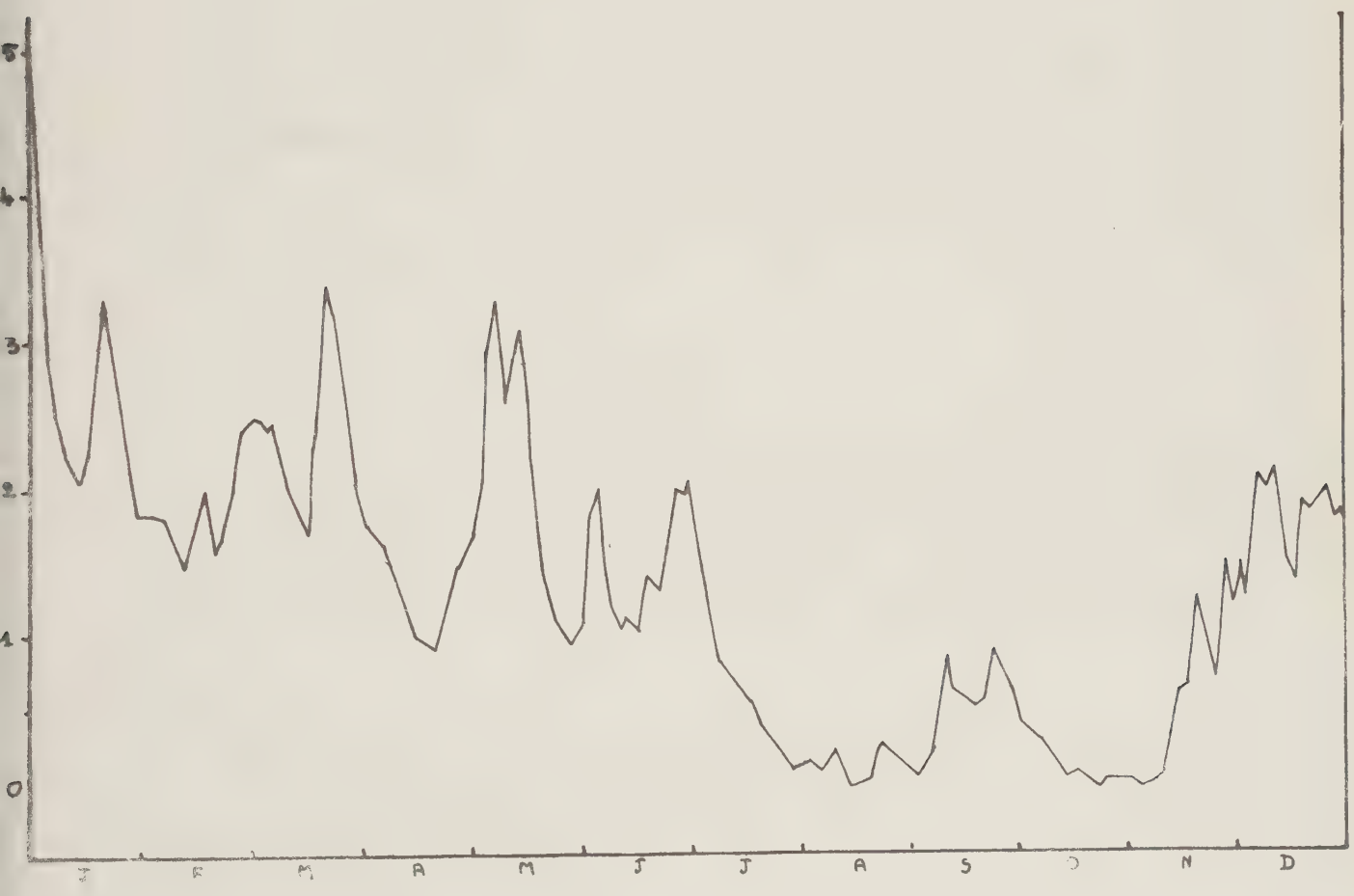



Fig. 13 - Profil et cotes de la Loire. Les Ponts-de-Cé 1969.

## 3.3. La formation des îles.

### 3.3.1. Cas général.

#### 3.3.1.1. Grèves, mouilles et barrages.

La coupe schématique du lit de la Loire reproduite d'après DION (1961) citant KAUFFMANN (fig. 6) montre que le dépôt des alluvions se fait irrégulièrement et divise ainsi la masse des eaux en deux courants d'inégales vitesses qui tracent dans le fond du lit deux dépressions d'inégales profondeurs. Il en résulte que, lorsque le niveau des eaux décroît, une partie du fleuve se trouve envahie par une grève tandis que le long de la rive opposée s'établit un chenal où coule la rivière. C'est dans cette partie du cours que se localisent les plus grands fonds appelés "mouilles" par les mariniers et dont la position alternant d'une rive à l'autre est bien indiquée par les plans de sondages éxécutés à partir de 1897 par les services de la Loire.

Cette tendance de la Loire à former des grèves a été favorisée à partir du milieu du XIXème siècle par la construction d'épis, sortes de barrages jetés transversalement dans le cours du fleuve pour creuser artificiellement un chenal navigable par augmentation de la vitesse du courant dans la partie profonde du lit. Cette construction s'est faite en Touraine entre Montlouis et Tours de 1837 à 1847. Elle s'est poursuivie en Anjou et en Basse-Loire au début du XXème siècle ; actuellement les services de la Loire étudient le renforcement et la construction de plusieurs ouvrages de ce type entre Nantes et Angers.

#### 3.3.1.2. Les premiers stades :

En été, lorsque le niveau de l'eau est suffisamment bas pour découvrir les grèves, la surface de celles-ci qui est loin d'être uniforme se trouve parcourue par de petits ruisseaux dont le courant très lent charriant des matières en suspension dépose de fines alluvions (19). Certaines dépressions forment parfois de véritables cuvettes dans lesquelles la couche déposée

(19) Le transport en solution atteint en Basse-Loire une valeur de 200 mg/l/s soit un total de 627 tonnes/heure.
Le transport en suspension n'atteint que 20 mg/l/s soit dix fois moins (Y. BABONAUX 1970 p. 196).

peut atteindre 2 centimètres d'épaisseur et qui, en séchant, prend un aspect polygonal craquelé caractéristique. Il en est de même sur le bord des grèves qui, à mesure que le niveau du fleuve baisse, se recouvre d'une vase riche en matières organiques et en graines (cf. ci-dessus § 2.3.4.).

Le terrain se trouve donc ainsi préparé pour le développement d'une végétation abondante. En réalité la survie de ces "plantations" reste très aléatoire puisque tout peut disparaître l'hiver suivant si une crue un peu forte vient arracher les jeunes plantules et transporter en aval le sable accumulé.

Pour qu'une île se construise, la présence d'un obstacle, végétation déjà en place, branches d'arbres, débris divers, est indispensable. Sur le sable momentanément fixé, une population de plantes annuelles, bisannuelles ou ligneuses, Saules et Peupliers, s'installe rapidement au point d'atteindre dans ce dernier cas 50 à 60 centimètres de hauteur en l'espace d'une saison. A la faveur des fluctuations minimes du niveau des eaux le courant apporte des débris végétaux, feuilles, branches, qui sont arrêtés, s'ajoutent à ceux qui proviennent de la décomposition des plantes déjà en place et constituent un micro-sol riche en substances organiques. Au moment de la prochaine crue, une couche de sable plus ou moins importante recouvrira ces dépôts emprisonnant un petit horizon humifère au sein d'une couche essentiellement minérale. C'est ainsi que dans une coupe verticale d'une butte en cours d'édification nous avons pu observer plusieurs horizons superposés séparés par des couches de sable d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur (cf. ci-dessus § 2.3.3.). Avec les crues et les dépôts successifs, le niveau de l'ensemble s'élève au point de constituer finalement un relief consolidé très visible par la végétation qu'il porte et dont le nom populaire de "buteau" avec ses variantes locales indique bien l'aspect général.

Vu en plan un buteau a grossièrement la forme d'une ogive dont la partie la plus élargie est dirigée vers l'amont. De profil la partie située face au courant présente une pente assez abrupte souvent précédée d'une zone de surcreusement tandis que vers l'aval cette pente s'adoucit tout en allongeant et amincissant la lentille. Cette forme générale se retrouve quel que soit l'endroit où se construit un buteau, près ou loin des rives, au niveau de l'étiage ou à une hauteur plus élevée ; seul le type de plantes fixatrices diffère, *Paspalum distichum* L. près des rives, et à un niveau assez élevé

(St-Jean-de-la-Croix), *Rorippa amphibia* Besser surmonté de *Poa palustris* L. puis des plantes de bordures humides, *Lythrum salicaria* L., *Solanum dulcamara* L. etc... dans des zones plus centrales et plus près du niveau d'étiage. Cette forme générale "hydrodynamique", se retrouve avec son phénomène de surcreusement lorsque l'îlot est constitué et à plus forte raison l'île elle-même (fig. 14).

3.3.1.3. Evolution ultérieure.

Une fois commencé à se construire, si rien ne vient contrarier cette évolution, par exemple une très forte crue, le buteau ne cessera pas de grandir en surface et en hauteur, les crues d'hiver apportant les matériaux que les maigres d'été permettront d'utiliser pour la croissance des arbres et arbustes.

A partir d'une certaine hauteur voisine du "*plenissimum flumen*" (3,50 m en Anjou), le buteau qui a augmenté sa superficie, souvent en fusionnant avec d'autres buteaux voisins, atteint un niveau tel qu'il n'est plus submergé que par les fortes crues. La surface de l'île ainsi formée de façon permanente se couvre alors d'une végétation de moins en moins hygrophile en même temps que le sol se transforme en terre arable ; paturages et cultures peuvent s'installer.

Enfin lorsque l'île sera devenue pratiquement insubmersible sinon aux crues exceptionnelles, des habitations permanentes s'y établiront ; il en est ainsi sur l'île "aux chevaux" en la commune des Ponts-de-Cé. A ce moment elle aura cessé de grandir en hauteur et atteindra le niveau des berges.

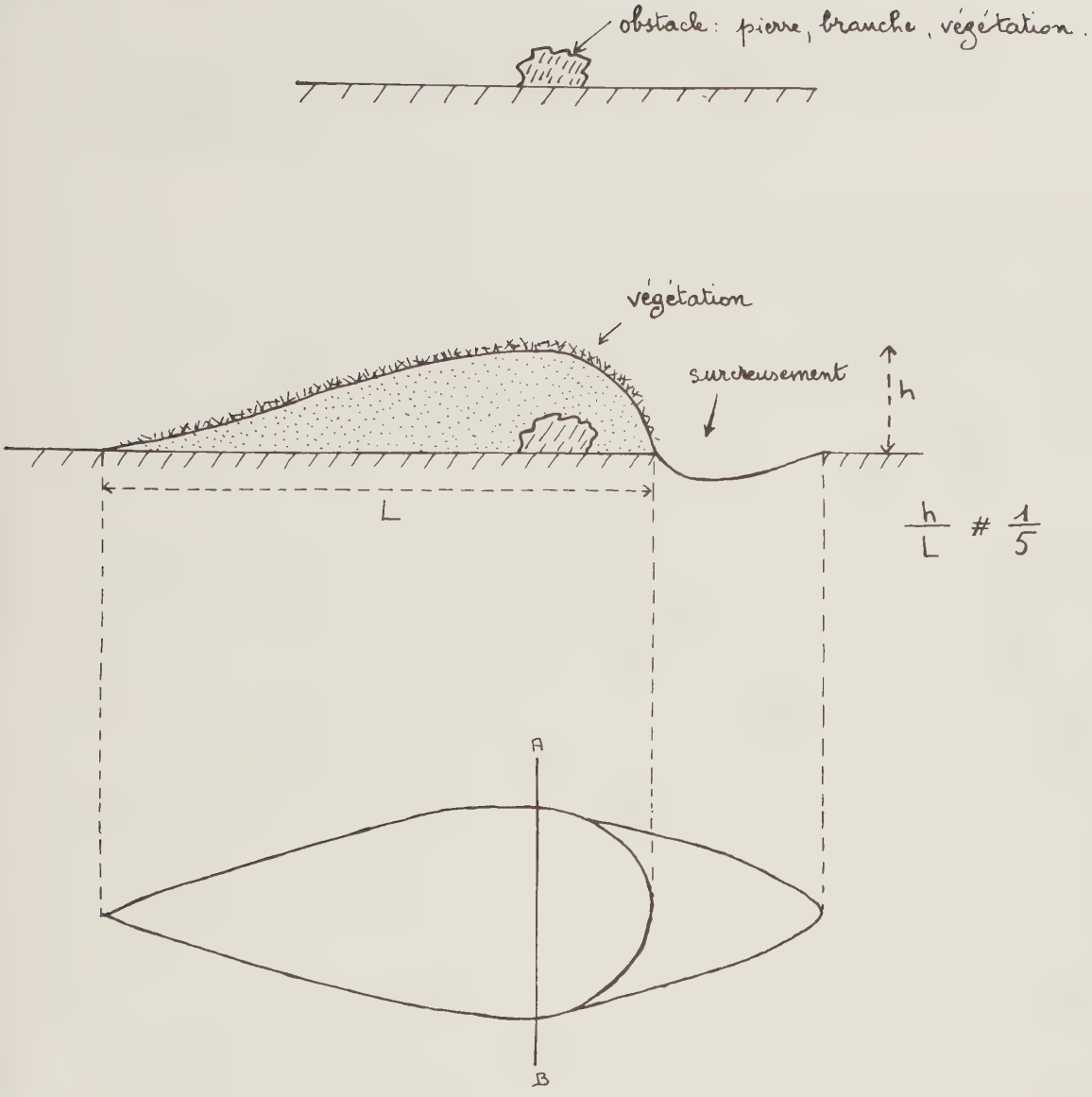



Fig. 14 - Formation d'un buteau.

### 3.3.2. L'île de Vouvray dite l'île "aux Hoplias".

Le document le plus ancien que nous possédons sur la région est une carte de la Loire (fig. 15), établie, semble-t-il, antérieurement à l'année 1890.

Aucune île n'est indiquée à l'emplacement étudié. Sur la rive nord on remarque l'île de la Cisse et l'île Seguin ; sur la rive sud, l'île de Rochecorbon.

Une comparaison avec la carte de France au 1/25000 levée en 1958 (fig. 16), montre qu'entre ces deux dates s'est produite une intense prolifération d'îles en même temps que certaines d'entre elles se rattachaient au rivage ; ainsi en est-il de celle de Rochecorbon devenue par sa soudure à la rive sud, deux lieux-dits : "La Bouillardière" et "Pointe à Cornu" ; de même l'île de la Cisse et l'île Seguin ont fusionné pour devenir l'île de Moncontour qui est rattachée à la rive nord au lieu-dit : "Les tuileries".

La figure 15 montre également de nombreux épis en forme de T qui ont été construits de 1838 à 1843 par les ingénieurs des Ponts-et-Chaussées. A cette époque, en effet, les nécessités de la navigation imposaient soit le maintien d'un chenal navigable, travail qui se faisait au moyen du chevalage ou déplacement latéral des sables, soit la construction d'un canal latéral. Finalement à la suite de plusieurs rapports de l'Ingénieur en Chef CORMIER, la direction des Ponts-et-Chaussées se décida à mettre en place des barrages obliques ou épis dont le rôle serait d'arrêter les sables et de favoriser le creusement d'un chenal entre les deux rives ainsi rapprochées. Malgré de nombreux incidents (20), quatre épis furent construits en face de Vouvray.

L'efficacité de ces digues fut mise en doute dès le début de leur installation. On leur reprochait en particulier "d'avoir une influence fâcheuse sur les inondations que l'on cherche à combattre" (Gu. 1881/62). Quoi qu'il en soit, la comparaison entre la carte de la Loire établie avant 1890 (fig. 15) et cette même carte rectifiée en 1898 (fig. 17), montre à l'évidence que dans cette partie du cours de la Loire les épis ont favorisé la sédimentation et contribué pour une bonne part à l'édification de l'île aux Hoplias.

(20) Sur les péripéties qui accompagnèrent la construction des ouvrages de Vouvray, voir J. GRELON, L'île aux Hoplias en Loire tourangelle : éléments d'histoire locale. A paraître.

Les ouvrages qui en constituent le soubassement avaient été construits en tuffeau. Eloignés approximativement de 450 mètres, leurs traces apparaissent nettement sur la carte de France au 1/25000 et encore mieux sur les photographies aériennes. Actuellement la bordure nord de l'île est constituée presqu'exclusivement par les deux branches en T parallèles au cours de la Loire, tandis que de petites îles se forment à l'extrême pointe amont et annoncent par la présence de la grève voisine un colmatage prochain et une extension dans ce secteur (21).

En l'absence de documents situés entre l'année 1898 et la date des premières photos aériennes (1949), il est difficile d'établir une chronologie de la fixation des grèves. Il aurait pourtant été intéressant de pouvoir vérifier si ce type d'ouvrages, beaucoup plus importants que ceux qui furent ensuite construits en Basse-Loire, en favorisait de façon plus rapide l'évolution. Toutefois la comparaison des photos aériennes réalisées depuis 1949, soit sur une vingtaine d'années, montre que la progression de la végétation s'est faite de façon considérable pendant cette période, progression sans nul doute en relation avec un régime du fleuve où les fortes crues se faisaient de plus en plus rares (cf. les documents de la deuxième partie, fig. 30 et ss.).

En 1970, l'île se présente sous la forme d'un vaste plateau allongé, de 775 mètres de longueur sur 200 mètres dans sa plus grande largeur ; l'épaisseur moyenne d'alluvions est estimée à 3 mètres avec un maximum de 5 mètres. De vastes grèves la bordent au sud et en amont ce qui lui donne une position presque médiane ; enfin elle est séparée de la rive sud par un chenal qui à l'étiage atteint une cinquantaine de mètres de large ce qui lui assure une relative protection (fig. 18).

Deux profils transversaux ont été réalisés en 1973 ; l'un passe par le point le plus élevé de l'île, à la cote 52 sur la carte I.G.N. 1958 ; l'autre a été réalisé au niveau de la grève amont et passe à la fois par un petit îlot et par l'épi (fig. 18).

(21) Il n'en est plus question à l'automne 1974. La Société Ligérienne de Matériaux a obtenu la concession de l'extraction du sable dans ce secteur ; ce sont maintenant des fonds de 6 à 7 mètres qui remplacent les grèves sur lesquelles nous avions fait de nombreux relevés.

Le zéro de l'échelle des crues au pont Wilson à Tours est situé à la cote 44,38. Le bec de Cisse étant éloigné de 7,520 m du pont Wilson et la pente moyenne de la Loire étant de 34 cm par kilomètre, le calcul donne un niveau d'étiage de 47 m pour ce point situé à peu de distance de l'île. C'est cette valeur qui a été retenue comme cote d'étiage pour l'île. Puisque son point culminant est à la cote 52 m on peut estimer que l'épaisseur maximale des alluvions est d'environ 5 mètres ; cette valeur a été confirmée par des mesures directes de topographie.

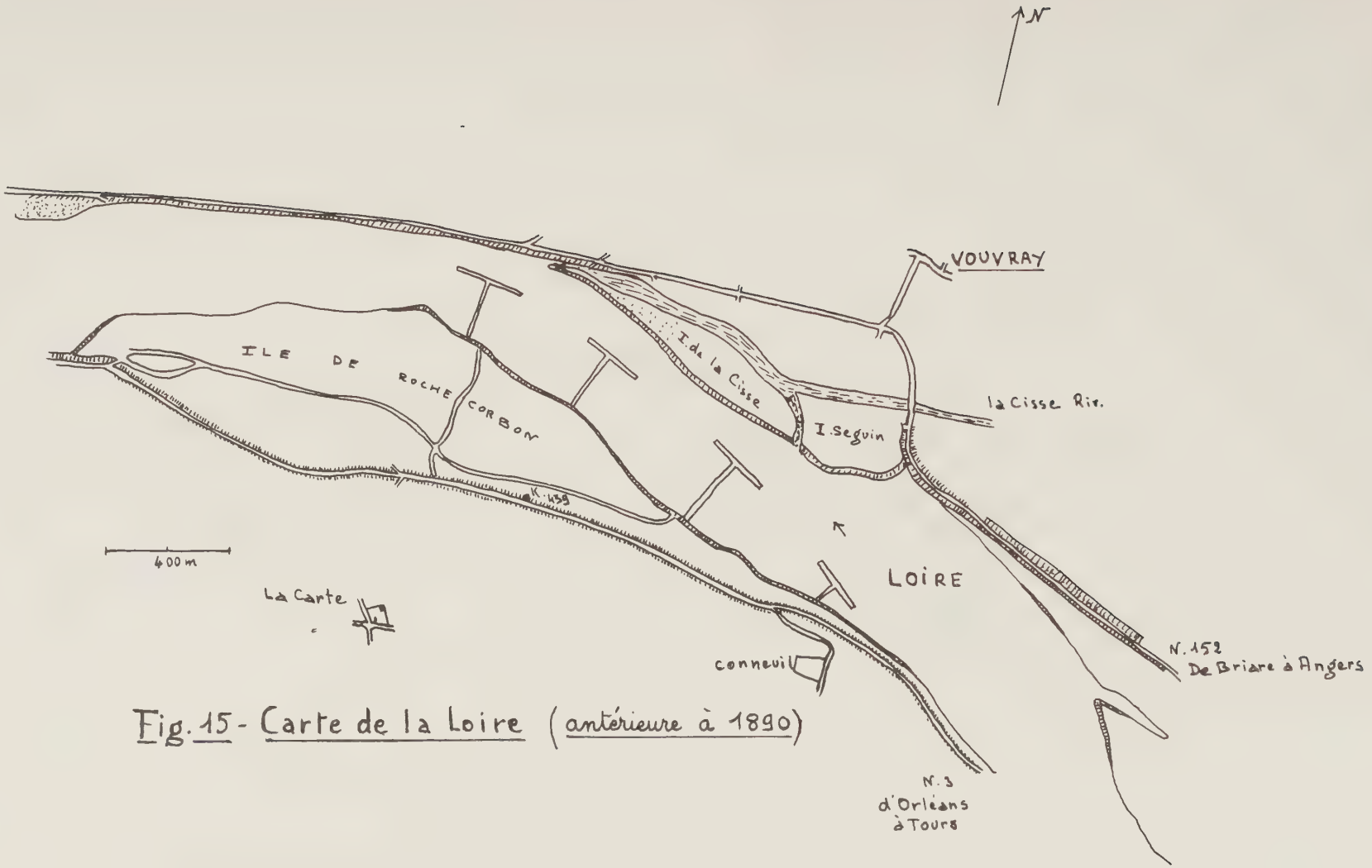



Fig. 15 - Carte de la Loire (antérieure à 1890)

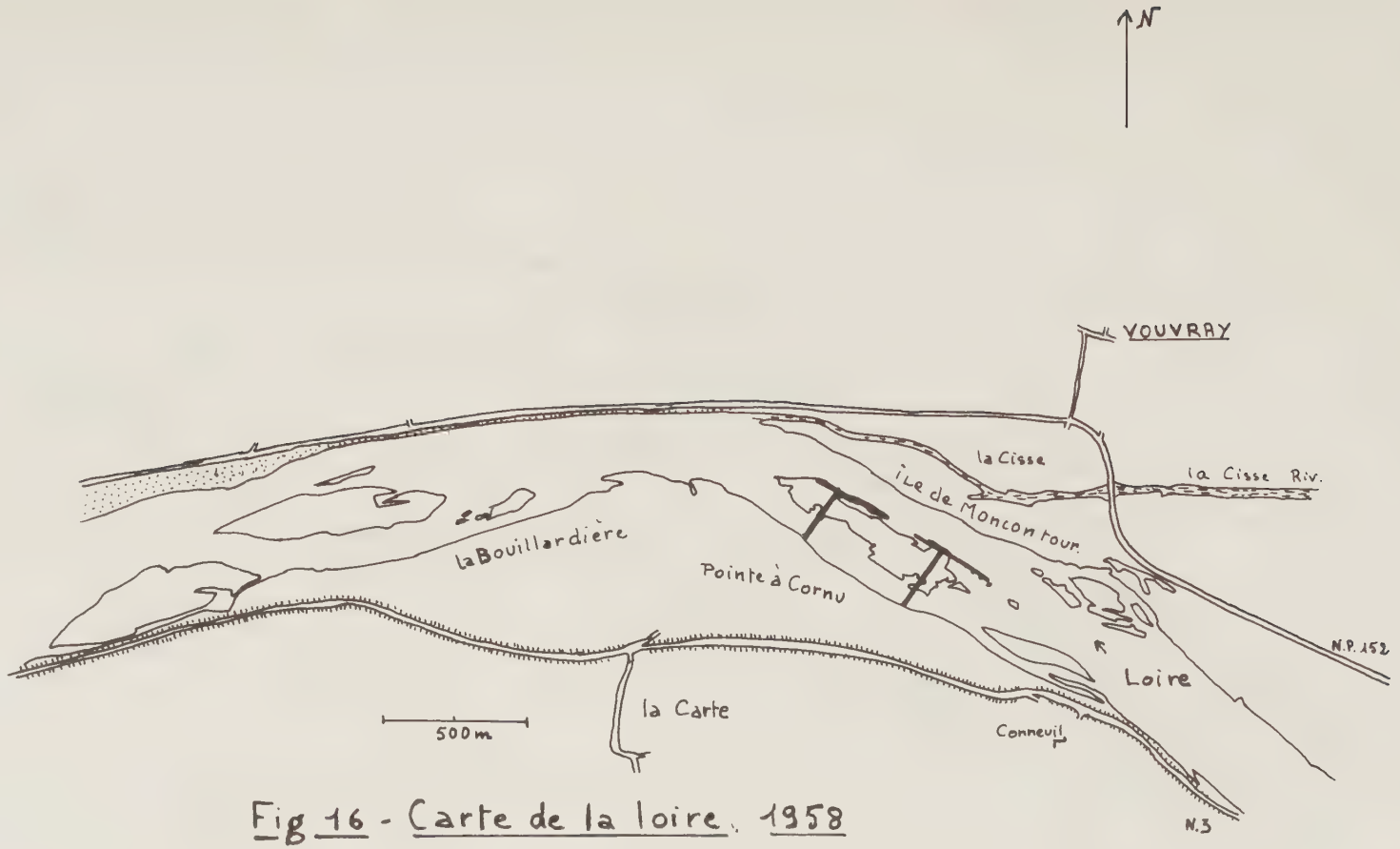



Fig 16 - Carte de la loire, 1958

les deux épis de l'île aux Hoplias ont été figurés.

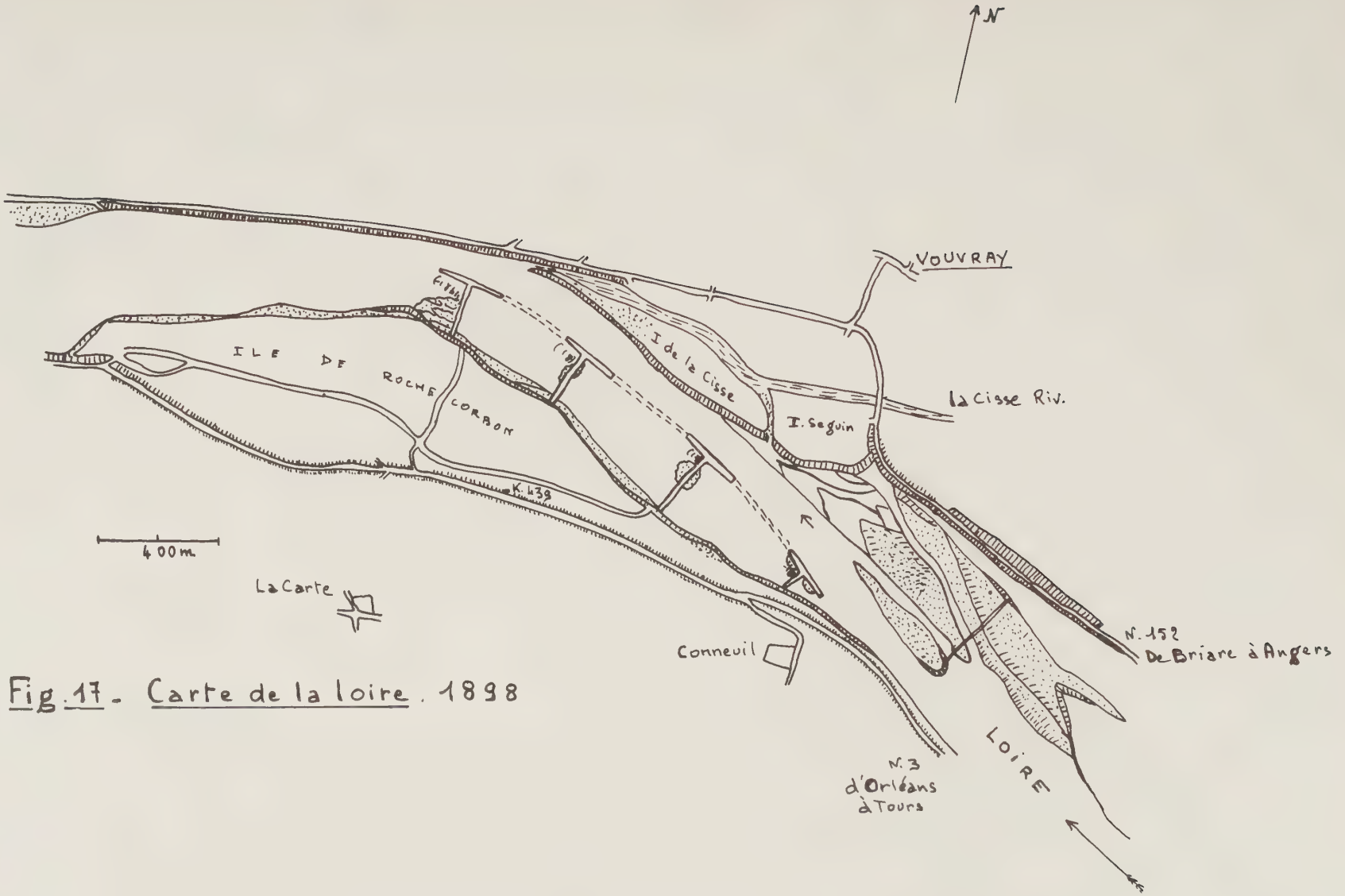



Fig. 17 - Carte de la loire. 1898

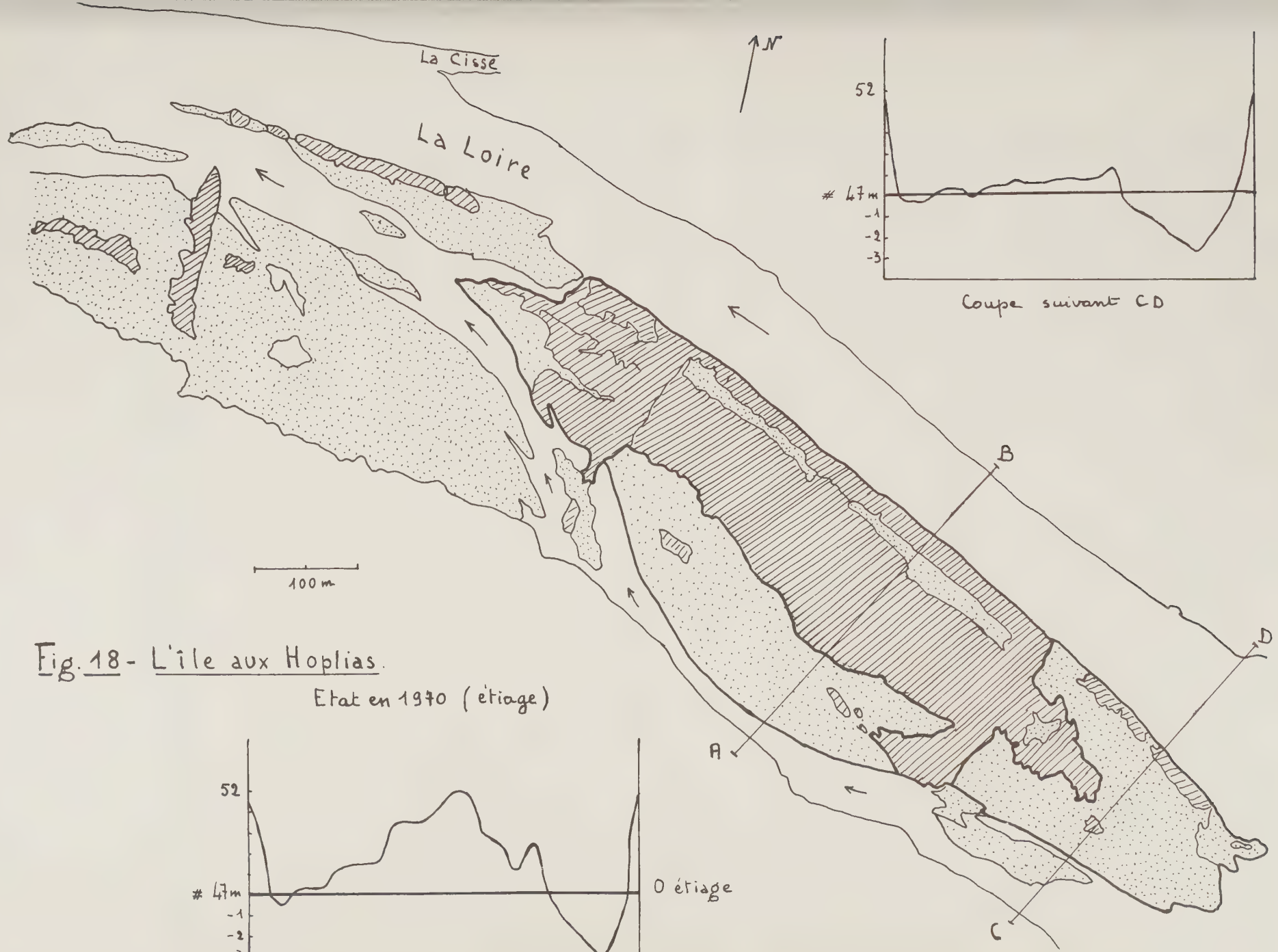



Fig. 18 - L'île aux Hoplias.

### 3.3.3. L'île de St-Jean-de-la-Croix.

Les circonstances qui ont permis la formation de l'île aux Hoplias se retrouvent un peu de la même manière en Loire angevine (22). Ainsi que le montrent les anciens cadastres des communes de Denée (1828) et de St-Jean-de-la-Croix (1844), et le plan de sondages de la Loire établi en 1900-1906 avant la construction des épis (fig. 19), la zone étudiée a une tendance à favoriser la sédimentation. Comme en Loire tourangelle les problèmes de la navigation préoccupent les élus locaux et un projet de canal latéral est lancé dès 1828. Enfin, les Ponts-et-Chaussées, à la suite des réalisations de Vouvray, décident en 1901 de faire des essais de barrages en "clayonnages et fascinages" sur une section de 14 kilomètres entre l'embouchure de la Maine et la commune de La Possonnière. L'ingénieur RENAUD est chargé de la réalisation du projet. Les travaux commencés en 1904 dans la section aval seront arrêtés à la suite de divers incidents puis repris en 1906 à l'embouchure de la Maine. C'est donc à partir de cette date que l'on peut fixer le point de départ de la formation de l'île de St-Jean-de-la-Croix. Les documents que nous possédons, essentiellement des plans de sondages de la Loire permettent de se faire une idée assez précise de son évolution.

En 1915, quatorze épis existent encore ; certains sont déjà en partie détruits ou recouverts par le sable qui, au niveau de l'étiage, encombre une grande partie de la rive sud formant une immense grève qui s'avance jusqu'à plus de la moitié du lit (fig. 21).

En 1920 le plan de sondages (fig. 22), indique la présence de deux petites îles qui dépassent certainement de plus d'un mètre le niveau de l'étiage ce qui donne un accroissement de près de 20 centimètres par an. Le tracé des épis continue de disparaître. Ces deux îles sont signalées sur les cadastres des communes de Denée et de St-Jean-de-la-Croix (1934) où elles ont déjà une longueur appréciable, 200 et 300 mètres ; en aval un autre îlot est en formation.

Le plan réalisé en 1970, d'après une photographie aérienne de 1968 (fig. 23) montre d'une part la disparition progressive des épis à la fois en-

(22) L'histoire de la formation de cette île à la suite de la construction des épis a fait l'objet d'une publication dans le Bulletin de la Société d'Etudes Scientifiques de l'Anjou. J. GRELON, 1975.

sablés et détruits soit par la végétation soit par les crues, et d'autre part, l'accroissement considérable de la surface découverte en permanence. La jonction entre les deux îles signalées sur le plan de 1934 est faite et de plus on assiste à un double phénomène : stabilisation de la sédimentation en aval tandis qu'en amont d'autres petits îlots se mettent en place. C'est dans cette zone que l'accroissement de l'île semble pouvoir se faire désormais.

En 1973, l'île de St-Jean-de-la-Croix se présente sous la forme d'un vaste plateau élevé au-dessus du niveau de l'eau (niveau d'étiage) d'environ 3,50 m. L'île a 630 mètres de longueur sur une centaine de mètres de largeur. Elle est bordée sur sa rive nord par une vaste grève découverte seulement à l'étiage (1970), tandis qu'en amont une autre grève plus élevée la rattache de façon presque permanente au rivage.

Deux profils transversaux ont été réalisés en 1970 ; l'un passe approximativement à l'emplacement du PK 560 de la rive gauche et traverse l'île à la cote qui nous a semblé la plus élevée ; l'autre a été tracé à environ 250 m de la pointe amont. Il passe par un buteau stabilisé que nous appellerons l'îlot 1 et traverse les grèves dans une direction perpendiculaire au rivage (fig. 23).

Le premier profil montre une dépression qui correspond au comblement qui a fusionné les deux îles. Dans les deux cas on remarquera d'une part l'hétérogénéité du profil avec une grève sur la rive gauche et une mouille sur la rive droite et d'autre part l'importance de l'extension des sables qui s'avancent à près des deux tiers du fleuve. La largeur de la Loire est dans le premier profil de 475 m, elle n'est que de 350 m dans le second.

D'après l'édition 1862 du nivellement en long des deux rives de la Loire, le PK 560 sur la rive gauche est à une altitude de 17,10 m. Un point coté de 17 m est également indiqué dans l'île sur la carte I.G.N. 1962. Le sommet des levées est par contre beaucoup plus élevé puisqu'il atteint en moyenne 6,30 m par rapport au zéro de l'échelle des Ponts-de-Cé, soit 21,40 m. Le zéro de l'étiage de St-Jean a été fixé à 13,70 m et calculé de la manière suivante. Le zéro de l'échelle de La Pointe est sur la rive gauche à 13,36 m et se situe au PK 561,25 ; la distance de cette échelle à l'île étant de 1,250 km avec une pente moyenne de la Loire estimée à 20 cm/km, nous obtenons une dénivellation de 25 cm qui s'ajoute à la valeur lue sur l'échelle de La Pointe soit 13,70 m. La différence entre cette valeur d'étiage et le point coté dans l'île donne une estimation de l'épaisseur des alluvions soit environ 3,50 m au point le plus élevé.

Fig. 19. Plan de sondages 1900-1906

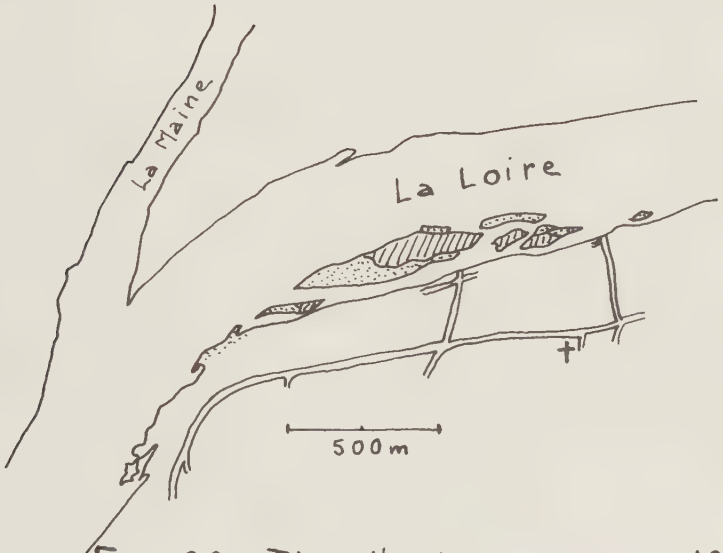



Fig. 20. Plan d'après carte I.G.N. 1962

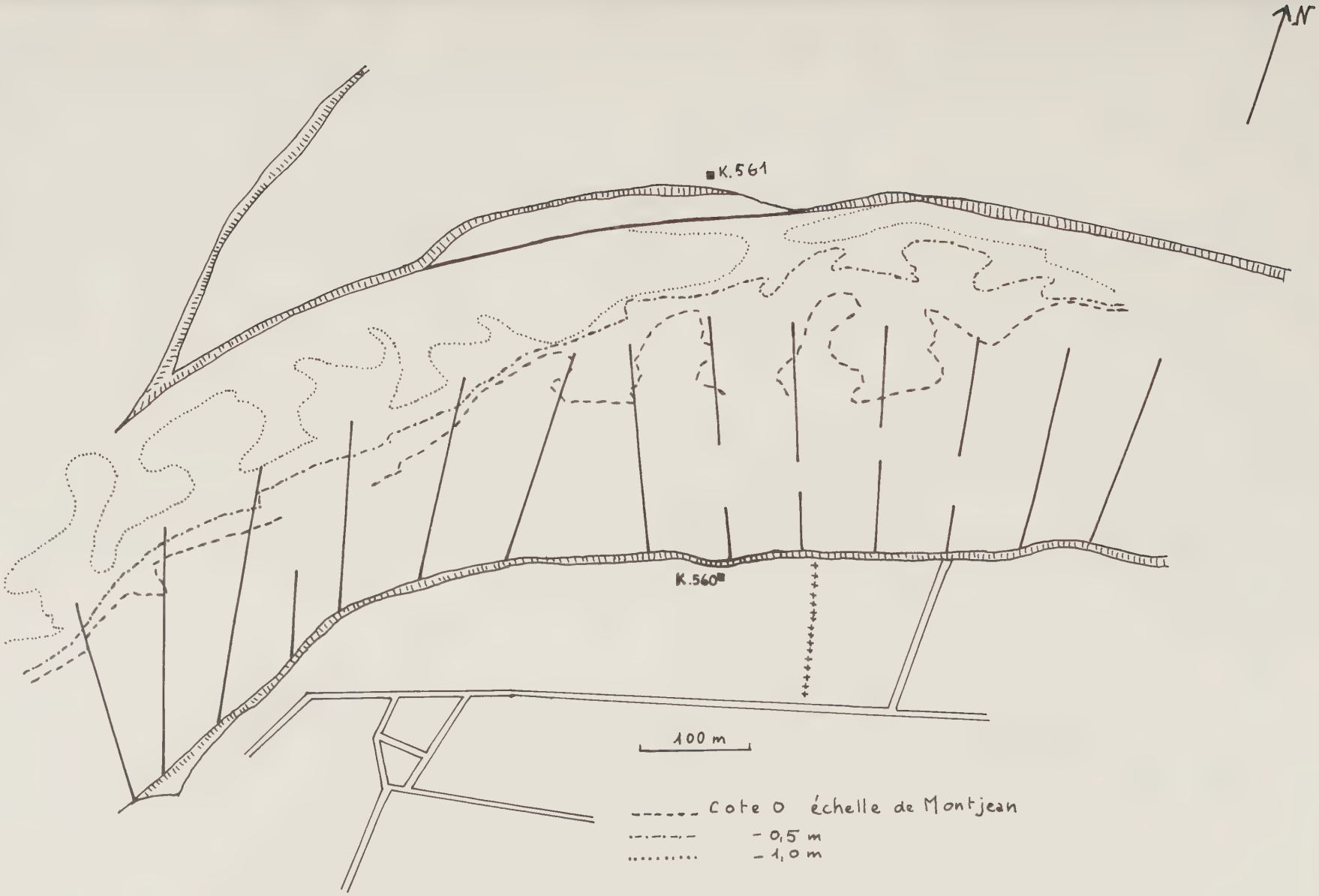



Fig.21 - Plan des sondages 19-31 mai 1915

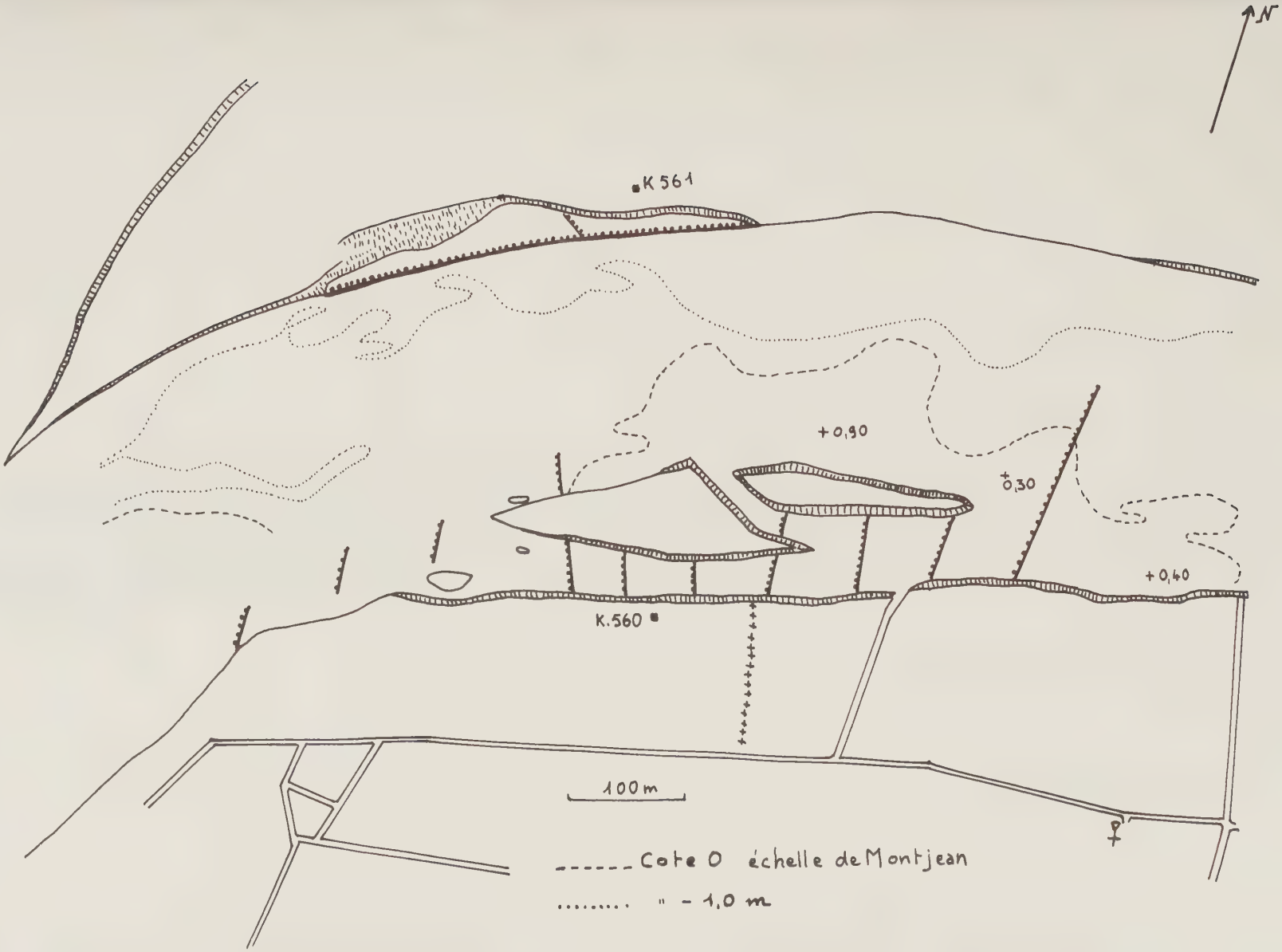



Fig. 22 - Plan des sondages 1920

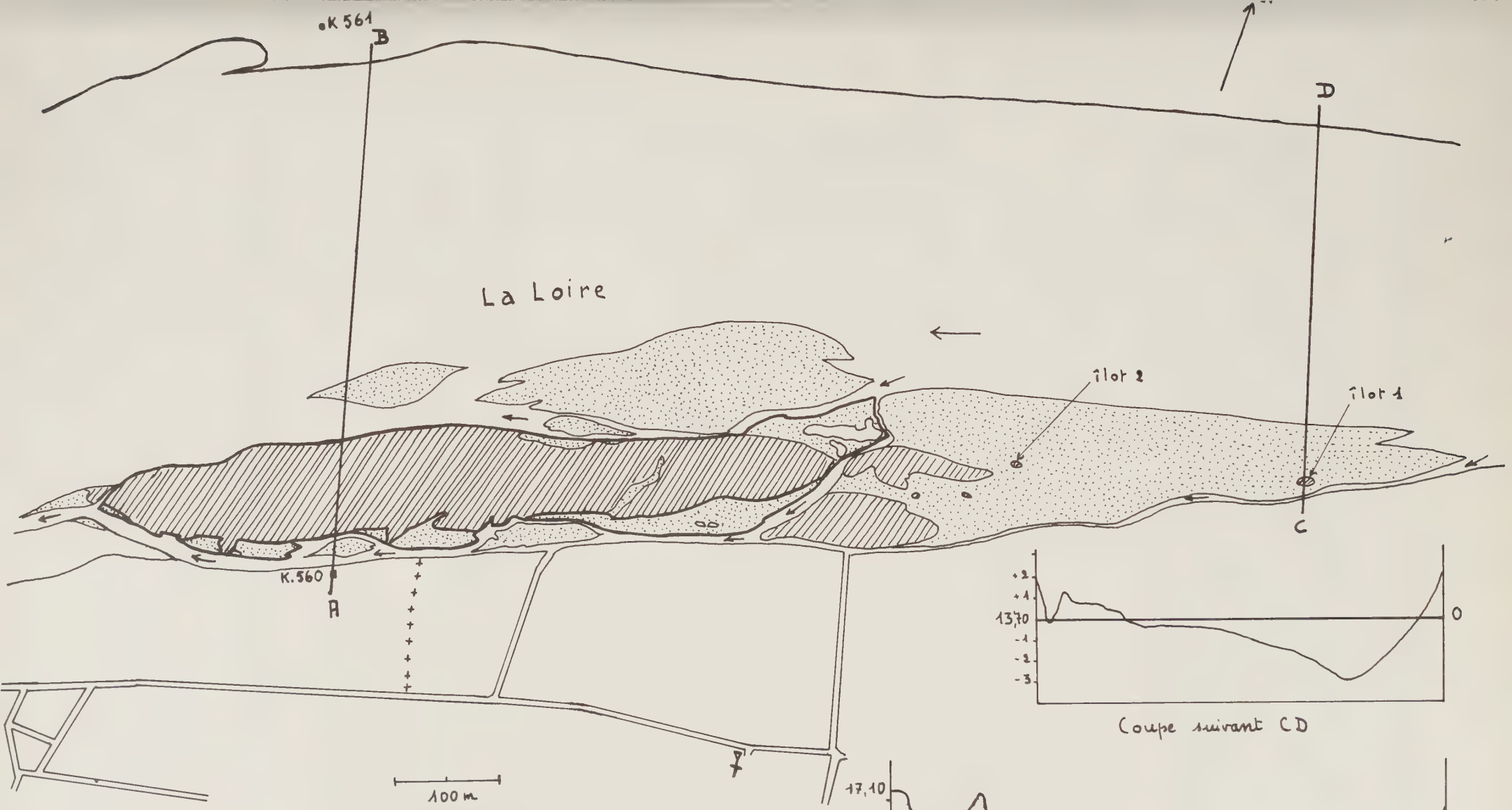



Fig. 23 - L'île de St-Jean-de-la-Croix
Etat en 1970 (étiage)

## 4. *Le climat local : son influence sur la végétation des grèves.*

Des facteurs caractéristiques du climat, nous n'avons retenu ici que quelques mesures de pluviosité et de température effectuées pendant la période des basses eaux, c'est-à-dire de juin à octobre. Ces cinq mois correspondent, en effet, à la durée des cycles des espèces dont la croissance est soumise d'une part aux aléas des variations de la nappe phréatique en même temps qu'aux chutes éventuelles de pluie et d'autre part à d'importants écarts de température.

### 4.1. Les précipitations :

#### 4.1.1. Angers-Avrillé. (hauteurs exprimées en mm.) (23)

| | J. | J. | A. | S. | O. | Somme des écarts à la moyenne |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Période de 1931-1960 (24) | 50 | 35 | 35 | 55 | 55 | |
| Année 1970 | 54 | 15 | 92 | 28 | 38 | |
| Année 1971 | 37 | 51 | 50 | 22 | 8 | |
| Année 1972 | 25 | 30 | 97 | 11 | 21 | |
| Année 1973 | 10 | 97 | 23 | 79 | 37 | |
| Année 1974 | 47 | 8 | 41 | 68 | 48 | |
| Ecart à la moyenne 1970 | 4 | -20 | 37 | -27 | -17 | -23 |
| 1971 | -13 | 16 | 15 | -33 | -47 | -62 |
| 1972 | -25 | - 5 | 53 | -44 | -34 | -55 |
| 1973 | -40 | 62 | -12 | 24 | -18 | 16 |
| 1974 | - 3 | -27 | 6 | 13 | - 7 | -18 |

(23) Nous avons admis, en l'absence de postes pluviométriques établis dans la vallée et malgré la distance ainsi que la différence d'altitude avec le poste régional, que les précipitations sur les deux îles étaient du même ordre que celles relevées aux postes météorologiques d'Angers-Avrillé et de Tours - St-Symphorien.

| Ile de St-Jean-de-la-Croix : | Ile aux Hoplias : |
|---|---|
| Distance du poste = 10 km. | Distance du poste = 5 km. |
| Altitude de l'île = 14 m. | Altitude de l'île = 47 m. |
| Altitude du poste = 51 m. | Altitude du poste = 96 m. |

(24) La période 1931-1960 est adoptée internationalement pour la publication des moyennes météorologiques (Garnier 1967).

4.1.2. Tours - St-Symphorien :

| | | J. | J. | A. | S. | O. | Somme des écarts à la moyenne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Période 1931-1960 | | 49 | 49 | 61 | 59 | 60 | |
| Année 1970 | | 127 | 22 | 61 | 24 | 24 | |
| Année 1971 | | 47 | 63 | 75 | 45 | 6 | |
| Année 1972 | | 32 | 15 | 38 | 24 | 24 | |
| Année 1973 | | 38 | 63 | 30 | 65 | 27 | |
| Année 1974 | | 38 | 18 | 44 | 66 | 67 | |
| Ecart à la moyenne | 1970 | 78 | -27 | 0 | -35 | -36 | -20 |
| | 1971 | - 2 | 14 | 14 | -14 | -54 | -40 |
| | 1972 | -17 | -34 | -23 | -35 | -36 | -145 |
| | 1973 | -11 | 14 | -31 | 6 | -33 | -55 |
| | 1974 | -11 | -31 | -17 | 7 | 7 | -45 |

On constate que d'une station à l'autre la tendance reste la même - certains écarts pouvant s'expliquer par des perturbations locales - et que les cinq années sur lesquelles ont porté les observations ont été marquées par un déficit important de la pluviosité.

4.1.3. Importance de ces précipitations en période d'étiage.

Au moment des basses eaux d'été les plantes des grèves peuvent être soumises à une période de sécheresse intense combinée parfois avec des températures élevées (voir ci-après § 4.2). Des précipitations même modestes mais réparties dans le mois peuvent ainsi établir une compensation hydrique qui s'oppose à l'assèchement du milieu causé par l'abaissement temporaire du niveau des eaux. C'est ce que les tableaux suivants essayeront de montrer, la courbe supérieure indiquant décade par décade le total pluviométrique du mois et la courbe inférieure le niveau des eaux (fig. 24 et 25). Dans cette deuxième courbe nous avons volontairement confondu niveau de la nappe phréatique des grèves et cote du fleuve bien que des modifications de l'humidité du sable dues à des phénomènes d'ascension capillaire (fig. 4 ) puissent rehausser notablement le niveau hydrique (25).

(25) Ce phénomène peut d'ailleurs être très localisé en raison de l'hétérogénéité du matériel qui entraîne une granulométrie de type ponctuel (Cf. ci-dessus, § 2.2.4.).

Il en résulte qu'en raison même de la présence de cette nappe d'eau libre surmontée d'une couche de sable à granulométrie fine, les plantes des niveaux inférieurs des grèves ne seront, pour ainsi dire, presque jamais en état de déshydratation irréversible.

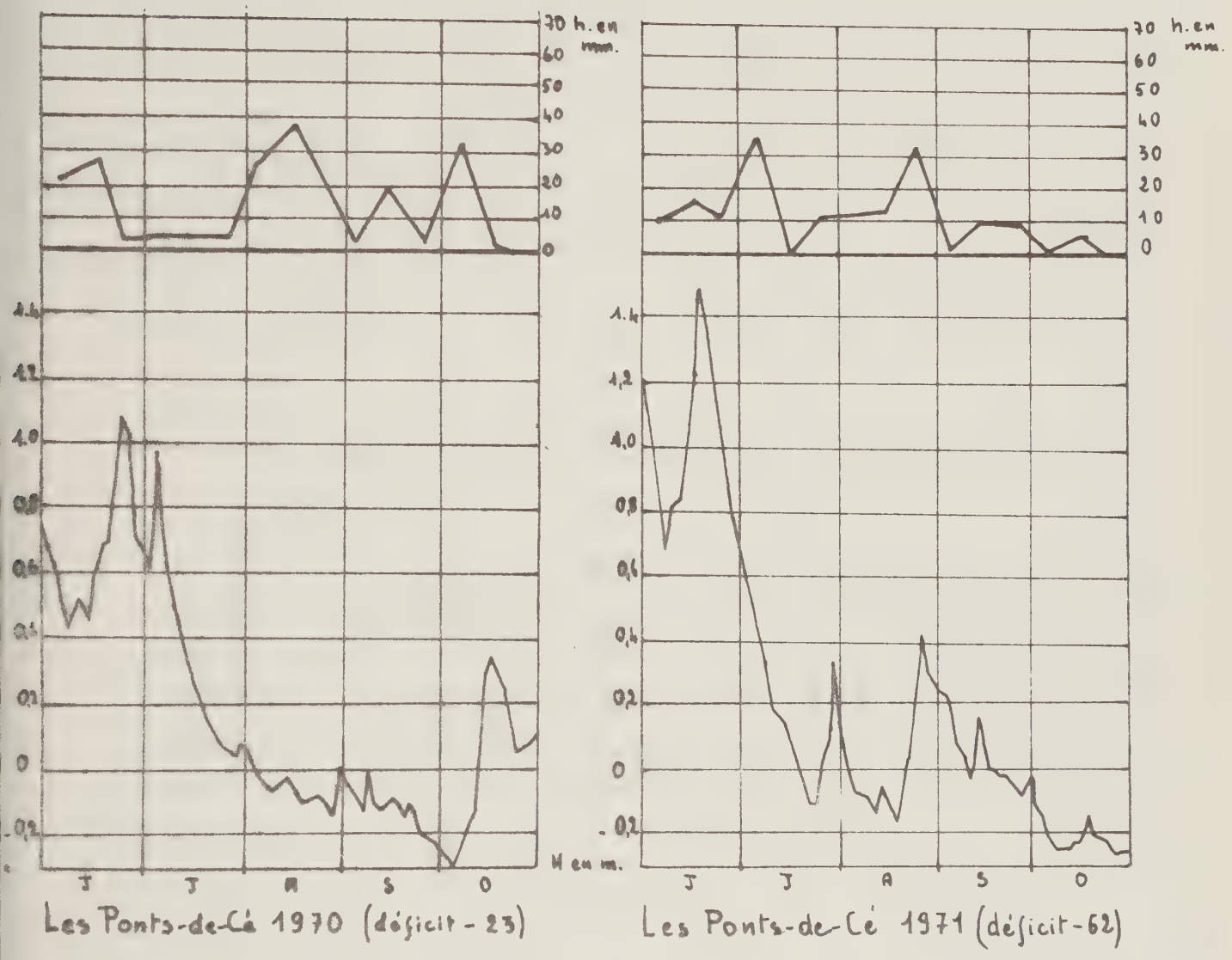



Fig. 24 - Précipitations et cotes de la Loire aux Ponts-de-Cé.

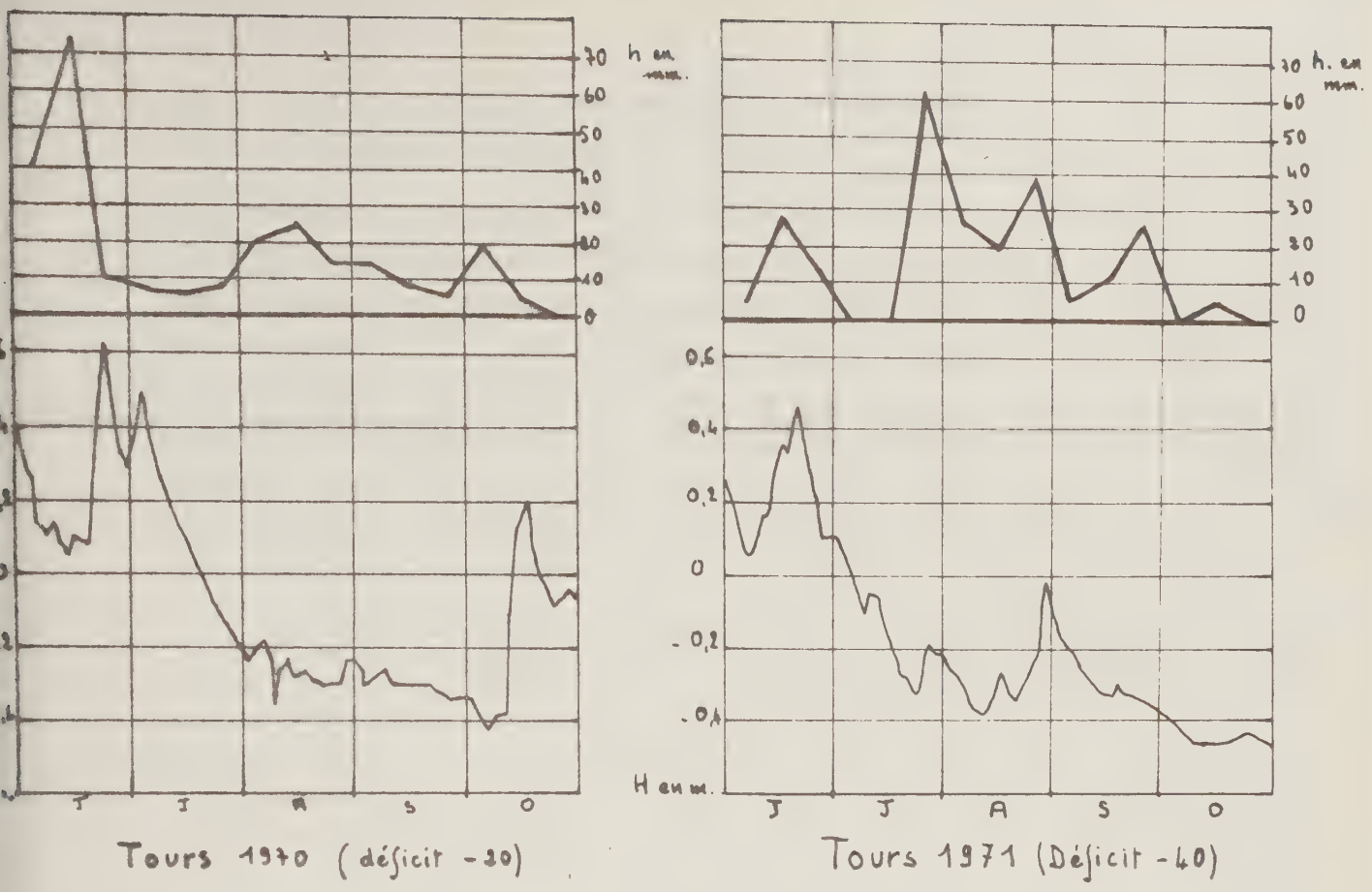



Fig. 25 - Précipitations et cotes de la Loire à Tours.

Des tableaux précédents il ressort qu'effectivement dans les deux stations il y a eu, pendant les années prises en exemple, peu de décades vraiment "sèches", c'est-à-dire où le niveau d'étiage s'accompagnait d'une absence totale de pluie. Ceci explique que la végétation sur les grèves et à quelque niveau que ce soit, ait trouvé une alimentation hydrique suffisante et se soit développée abondamment.

4.2. Remarques sur quelques mesures de température.

Pendant l'été 1973, nous avons effectué au niveau des grèves quelques relevés de température. Le matériel utilisé était constitué d'un potentiomètre auquel était relié un couple thermo-électrique cuivre-constantan dont la soudure protégée du rayonnement direct était fixée à une perche de bois ce qui a permis d'échelonner les mesures en hauteur. Les observations ont été faites à partir de 15 heures sur le sable exposé au soleil depuis le matin. Enfin par comparaison nous donnons les températures de l'air mesurées dans les stations correspondantes d'Angers-Avrillé et de Tours - St-Symphorien, ainsi que celles de l'eau de la Loire prises en plein courant.

| | St- Jean | Angers-Avrillé le 4/9/73 | Ile aux Hoplias | Tours - St-Symphorien le 10/9/73 |
|---|---|---|---|---|
| Hauteur | t° | t° | t° | t° |
| 1,00 | 37,4 | 26 | 32,6 | 29 |
| 0,00 | 50,1 | | 45,0 | |
| - 0,05 | 34,8 (sable sec) | | 40,0 (sable sec) | |
| - 0,10 | 32,6 | | 31,4 | |
| - 0,25 | 27,2 (sable humide) | | 30,0 (sable humide) | |
| | 27,8 (eau libre) | | 28,8 (eau libre) | |

De ces quelques observations on pourra retenir qu'au contact du sol les températures peuvent prendre des valeurs très élevées. Ces valeurs diminuent ensuite graduellement pour se stabiliser vers 1 mètre. Toutefois à ce niveau, elles demeurent encore nettement supérieures à celles de la météorologie régionale.

Par ailleurs l'étude des températures dans le sol montre qu'une couche de 5 centimètres de sable sec est déjà un bon isolant thermique et qu'à 30 centimètres la température atteinte dans le sable humide est voisine de celle de l'eau libre.

On peut donc admettre que du seul point de vue envisagé ici, celui de la température, les grèves de la Loire constituent à l'échelle locale une véritable enclave mésoclimatique. On peut même enfin se demander si le climat du Val de Loire n'est pas un climat régional (extension du Val sur parfois 10 km de large sur plusieurs centaines de km de long), avec ses climats lo-

caux (lit majeur, lit mineur, coteaux, grèves etc...), et ses micro-climats (cuvettes entre bancs de sable, buteaux en cours de construction...). En ce qui concerne la végétation des grèves, cette hypothèse avait été envisagée par R. CORILLION (1972) à propos de "plusieurs espèces en provenance de régions tempérées chaudes ou tropicales". "Tout se passe comme si l'influence des conditions loco-climatiques et édaphiques du lit mineur assurait à la fois, aux espèces méridionales (*sensu lato*), les possibilités de naturalisation et d'extension optimales. Dans quelques cas, elles reconstituent dans leurs biotopes ligériens, et parfois aux dépens de la flore indigène, des types de végétation qui ne sont pas sans analogie (*Paspaletum*) avec leurs homologues plus méridionaux (cf. *Paspalo-agrostidetum* Br.Bl.)."

Nous reprendrons cette conclusion au moment de l'étude de la végétation des grèves (deuxième partie § 2.2.2.6.) et l'étendrons à la végétation des niveaux supérieurs (deuxième partie § 2.2.4.3.).

Deuxième partie

# LA VEGETATION DU LIT MINEUR DE LA LOIRE

## 1. *Liste des espèces - répartition par niveau, phytogéographie et écologie.*

La liste des espèces donnée en annexe a été établie d'après 47 relevés recueillis par R. CORILLION (1971b) dans la vallée de la Loire entre Saumur et Montjean. A cette liste nous avons ajouté d'une part nos propres observations effectuées entre les années 1970-1974, sur les grèves et les îles de Vouvray et de St-Jean-de-la-Croix, ainsi que celles de J.M. COUDERC (1967), J.M. COUDERC, M. GUEDES et P. LE GOFF (1971) en Loire tourangelle.

Les espèces ont été déterminées d'après la flore du Massif Armoricain (H. des ABBAYES et Coll. 1971) et d'après la flore de P. FOURNIER.

### 1.1. Liste des espèces et répartition verticale.

#### 1.1.1. Généralités.

Cette liste donne, avec la forme biologique, la répartition des espèces par localité et par niveau. L'absence d'indication signifie que l'espèce n'a pas été observée sur le territoire étudié. La seule présence d'un chiffre dans la troisième colonne indique que l'espèce a été vue mais en dehors de la dition.

Pour chacune des espèces la forme biologique a été indiquée d'après la nomenclature de C. RAUNKIAER (1905) et les abréviations suivantes ont été utilisées : Phanérophytes (Ph.), Chamaephytes (Ch.), Hémicryptophytes (H.), Hémicryptophytes vivaces ou bisannuelles (H2), Géophytes (G.), Thérophytes (Th.).

Ph. HAGENE (1937, p. 297) a distingué sur les alluvions de la Loire trois zones, chaque zone étant délimitée par le niveau inférieur et supérieur.

- zone inondée exceptionnellement durant les crues,
- zone normalement exondée durant l'été,
- zone constamment recouverte par l'eau.

L'analyse des conditions écologiques d'implantation des végétaux sur le territoire observé nous a amené à décrire quatre niveaux en plus de la zone constamment recouverte par l'eau et qui n'a pas été étudiée.

La niveau 1 correspond à celui des zones humides plus ou moins vaseuses situées au niveau des basses eaux de septembre. Des variations par rapport à l'étiage ont été rencontrées au cours des cinq années d'observations, les plantes pouvant se répartir entre les cotes - 0,60 à - 0,20 à Vouvray et - 0,40 à + 0,70 à St-Jean-de-la-Croix (observations extrêmes de 1971 et 1974) ; ces variations sont dues au régime du fleuve (cf. § 3.2.1. de la première partie).

Le niveau 2 correspond à celui des grèves normalement exondées l'été et dont la surface sableuse ou graveleuse est soumise à l'influence des courants locaux (J. GRELON 1972a) et présente de ce fait un micro-relief, une granulométrie et une végétation très variés. Le niveau des sédiments atteint respectivement dans les deux îles 0,50 m et 1,50 m au-dessus de l'étiage.

Le niveau 3 correspond à la bordure frangeante des îles, bordure en contact avec le courant lors des hautes eaux. Cette zone a la particularité d'avoir un substrat à pente souvent très accusée, parfois presque verticale. Selon les endroits la base pourra être au contact de l'eau presque en permanence (face nord des îles), ou en continuité avec la grève (face sud). Cette zone s'étend du niveau le plus bas des eaux jusqu'à la cote 4,00 m pour Vouvray et 3,00 m pour St-Jean-de-la-Croix, cote à laquelle débute la végétation du sous-bois.

Le niveau 4 est celui du sommet des îles ; inondée exceptionnellement, cette zone forme une sorte de plateau au relief plus ou moins tourmenté dont les points culminent pour les deux îles de Vouvray et St-Jean-de-la-Croix à 5 m et 3,50 m au-dessus de l'étiage.

1.1.2. Liste des espèces : voir annexe n° 1.

1.1.3. Remarques sur la distribution verticale des espèces et la répartition des formes biologiques par niveau. Spectres biologiques.

Sur les 199 espèces rencontrées ou signalées dans le val de Loire, nous en avons retrouvé 168 au cours des cinq années d'observation.

La répartition des formes biologiques par niveau et pour ces 168 espèces est la suivante, certaines plantes pouvant exister à deux ou trois niveaux.

| niveau | total | thérophytes | | vivaces(1) | | phanérophytes | | chamaephytes | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24 | 19 | 79,1 | 3 | 12,5 | 2 | 8,4 | | |
| 2 | 75 | 45 | 59,4 | 26 | 34,6 | 4 | 6,0 | | |
| 3 | 69 | 20 | 28,9 | 38 | 55,0 | 6 | 8,7 | 5 | 7,4 |
| 4 | 83 | 19 | 23,4 | 39 | 45,6 | 21 | 25,9 | 4 | 5,1 |

Par comparaison cette répartition pour l'ensemble des espèces donne :

| niveau | total | thérophytes | | vivaces | | phanérophytes | | chamaephytes | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | % | n | % | n | % | n | % |
| 1 | 34 | 23 | 66,6 | 9 | 27,2 | 2 | 6,2 | | |
| 2 | 86 | 51 | 58,8 | 31 | 36,4 | 4 | 4,8 | | |
| 3 | 71 | 20 | 28,1 | 40 | 56,2 | 6 | 8,3 | 5 | 7,4 |
| 4 | 83 | 19 | 23,4 | 39 | 45,6 | 21 | 25,9 | 4 | 5,1 |

La comparaison entre les deux tableaux n'est intéressante qu'en ce qui concerne les deux niveaux inférieurs. Le nombre moins grand d'espèces retrouvées confirme l'instabilité de certaines d'entre elles, telles *Peplis portula* ou *Mollugo verticillata*, ou encore leur localisation dans des biocénoses très particulières, boires à *Marsilea quadrifoliata*, cuvettes d'eau calme à *Nuphar*, *Sagittaria* et diverses Cypéracées.

Au niveau inférieur le pourcentage de thérophytes présentes apparaît très élevé. Ce chiffre (79,1) est voisin de celui cité par Ph. HAGENE (1937, p. 291) qui indique pour la région de Nevers une proportion de 87,5 % sur les grèves de la Loire, les phanérophytes, *Salix alba* et *Salix triandra*, se rencontrant sous la seule forme de leurs germinations.

Sur les grèves du niveau 2, découvertes pendant les basses eaux d'été, la proportion de thérophytes diminue au profit des plantes vivaces. Tandis que les premières sont essentiellement représentées par les Chénopodes et des Graminées psammophiles, celles-ci avec leurs rhizomes, leurs stolons,

(1) Le terme de "vivaces" s'applique ici aux Hémicryptophytes (H.), Hémicryptophytes vivaces ou bisannuelles (H2) et aux géophytes, toutes plantes généralement herbacées.

leur aptitude à résister à la sécheresse jouent un rôle de premier plan dans la colonisation et la fixation des sables.

Le rôle fixateur des plantes vivaces est particulièrement net au niveau immédiatement supérieur, celui des berges des îles qui sont soumises à l'érosion latérale du fleuve. Les Graminées à rhizome, Baldingères et Chiendents, les Cypéracées forment ici par place des peuplements exclusifs.

Enfin au sommet des îles, lorsque le sol est constitué et le recouvrement par les crues d'hiver de peu de durée, les phanérophytes avec leurs accompagnatrices du sous-bois prennent la place laissée vacante par les plantes vivaces herbacées.

1.2. Remarques phytogéographiques :

Sur les 199 espèces signalées dans le val de Loire à l'emplacement ou au voisinage des stations étudiées 147 appartiennent au cortège eurasiatique ou subcosmopolite, 10 forment le groupe des laté-méditerranéennes et laté-méditerranéennes atlantiques et 37 un groupe d'introduction plus ou moins récente que l'on appelle souvent adventices. (2)

Parmi ces dernières on peut distinguer des adventices anciennes d'origine euro-asiatique et une forte proportion d'américaines (21) dont l'implantation s'est faite à partir du port de Nantes et qui ont ensuite remonté la vallée. Ce double courant entre amont et aval souligne le rôle du Val de Loire comme voie privilégiée de migration. (3)

Il en est de même pour les quelques espèces laté-méditerranéennes ou subatlantiques. Si la Loire apparaît avant tout pour ces espèces comme une barrière, - 34 espèces euatlantiques, méditerranéennes au sens large ou eurasiatiques disparaissent au nord de la Loire (R. CORILLION, 1957a, p. 121), elle demeure cependant une voie de migration par les sables du Val ou du littoral, la plupart des espèces de ce groupe se situant au niveau écologique correspondant aux grèves.

(2) Sur la liste de ces plantes voir annexe 1 et les commentaires des § 2.2.1.3. et 2.2.2.5.

(3) Sur la Loire comme voie de migration on pourra consulter : J. NEHOU, 1945 et 1950 ; J.E. LOISEAU, 1953 ; J. PRUDHOMME, 1959 ; R. CORILLION, 1957 ; J.M. COUDERC et M. GUEDES, 1971.

1.3. Remarques écologiques.

1.3.1. La végétation des zones plus ou moins vaseuses proches de l'étiage.

A la différence de la végétation située au niveau immédiatement supérieur, celle du niveau proche de l'étiage se caractérise par son instabilité. En effet elle est tributaire, d'une part, de la présence de graines apportées ou non par le courant, d'autre part, du continuel remaniement des grèves par l'érosion ou l'apport de matériaux, et enfin de la hauteur des eaux ainsi que de leur variation au cours de la période favorable, celle de la fin de l'été.

A ce niveau, les semences, essentiellement des thérophytes, proviennent soit de dépôts effectués à la faveur des maigres de l'été sur des surfaces horizontales ou dans de légères dépressions, soit de semences d'origine locale et non emportées par le courant. Elles germent pendant les mois d'été puis atteignent leur développement maximum au cours des mois de septembre et d'octobre à condition que l'alimentation hydrique soit suffisante (niveau du fleuve ou pluies de fin d'été). Si ce niveau oscille au moment de l'apport des graines on pourra retrouver les germinations réparties sur une distance verticale qui est de l'ordre de 50 cm à Vouvray et de près de 1 m à St-Jean-de-la-Croix (observations extrêmes entre 1970 et 1974). Par contre, si le niveau du fleuve descend constamment ou monte subitement, les possibilités de survie seront très réduites (cas de 1974). Dans la première hypothèse, en raison de l'assèchement continuel, l'apparition des groupements pourra être freinée ou même empêchée et les espèces caractéristiques se situeront au niveau le plus bas. Dans la seconde la végétation sera noyée et son développement ralenti en même temps que son observation devenue particulièrement difficile. En octobre 1973 nous avons pu ainsi noter à Vouvray des espèces du *Nanocyperion* (*Cyperus michelianus* et *Cyperus fuscus*) qui avaient subi une immersion prolongée après un début de croissance. Les plantes étaient en très mauvais état, feuilles jaunies, recroquevillées ; l'ensemble plus ou moins recouvert par la vase avait manifestement souffert d'asphyxie. (4)

Rappelons enfin que les apports de sable et les courants modifient constamment l'aspect des grèves surtout dans les zones les plus basses. Toutes ces conditions souvent défavorables expliquent qu'il est la plupart du temps improbable de retrouver un emplacement repéré l'année précédente et que les découvertes de ces groupements, que l'on peut qualifier d'erratiques, sont liées à la nouvelle répartition des stations dont l'implantation est purement aléatoire.

(4) Montée des eaux du 8/10/73 au 30/10/73.

1.3.2. La végétation des grèves :

Au niveau 2, qui correspond aux grèves découvertes normalement pendant l'été, 75 espèces ont été recensées dont 26 géophytes et hémicryptophytes. Soulignons la richesse floristique de l'ensemble en même temps que l'importance numérique des plantes vivaces dont la croissance extrêmement rapide et la plasticité morphologique et écologique sont des facteurs de stabilisation du milieu.

Certains stolons de *Paspalum distichum* L. atteignent à la fin de la saison une longueur de 3 mètres ; en l'espace de trois semaines nous avons observé des rosettes de *Portulaca oleracea* L. passer de la dimension 7 x 4 cm à la dimension 38 x 31.

On sait par ailleurs que les plantes des sables s'adaptent à un milieu soumis à la sécheresse. Ici la présence d'une nappe phréatique à niveau variable et dont la distance par rapport à la surface du sable peut être assez réduite, entraîne une très grande variété dans l'aspect et le comportement des plantes observées à ce niveau.

Si l'on rencontre de nombreuses espèces étalées en rosette, *Portulaca oleracea* L., *Corrigiola littoralis* L., dont le système racinaire présente en plus un abondant chevelu, dispositions favorables pour absorber la moindre humidité, on trouve aussi des plantes au port semi-érigé, Chénopodes, Amarantes, Renouées. Toutes ces plantes annuelles ne peuvent supporter un abaissement subit et prolongé du niveau de l'eau et disparaissent en peu de temps. Par contre les plantes vivaces parmi lesquelles nous citerons *Rorippa amphibia* L., *Rorippa silvestris* Besser, *Paspalum distichum* L. résistent beaucoup mieux en raison de la présence de leur rhizome, qui pour *Rorippa amphibia* L. atteint quelquefois deux centimètres de diamètre en l'espace d'une saison. Cette capacité de résistance peut semble-t-il expliquer qu'en certains points des grèves ces plantes se rencontrent en peuplements presque exclusifs.

Enfin il faut citer les phanérophytes qui, lorsqu'elles s'installent "cherchent" très vite la nappe phréatique. Les jeunes Peupliers et les jeunes Saules qui, au début de l'été, ont une hauteur de 6 à 10 centimètres ont développé en même temps un système racinaire qui s'est enfoncé à 30 ou 40 cm. Les plantules sont assurées désormais d'une alimentation en eau qui ne craindra pas les brusques variations de niveau. En même temps l'enracinement est suffisamment profond pour éviter à la plupart des individus l'arrachage lors des

crues d'hiver. Ceci explique qu'au cours d'une année particulièrement favorable comme 1972, les grèves se sont couvertes par endroits d'un véritable "tapis" de Saules et de Peupliers (5). Deux ans après, la plupart ont survécu et atteignent des dimensions déjà imposantes.

Nous avons essayé de suivre le dynamisme de cette végétation phanérogamique en installant pendant l'été 1971 sur les grèves des deux îles, des carrés-témoins de 1m de côté, constitués de piquets de fer reliés entre eux le plus solidement possible (J. GRELON 1972b). Les mesures n'ont malheureusement pu être effectuées soit parce que la grève a été emportée par les eaux (St-Jean-de-la-Croix hiver 1971) ou supprimée volontairement (Vouvray printemps 1974), soit parce que les jeunes arbres ont péri sur place sans doute détruits par les rongeurs. Soulignons à ce propos la difficulté d'implantation ligneuse dans certaines stations proches de l'étiage ou moins protégées.

Les observations sur arbustes marqués et déjà bien développés ont été plus probantes. A St-Jean-de-la-Croix, à l'emplacement d'un relevé situé en aval d'un îlot en formation sur la grève, nous avons marqué le 28/7/70 un jeune Peuplier de 20 cm de hauteur. On peut supposer que cet arbuste avait germé au printemps ou au début de l'été. Le 11/7/71, l'arbuste mesure 1,10 m, puis le 25/8/71 alors qu'il atteint 1,38 m il est cassé au sommet. Nous observons une reprise rapide de la croissance par un bourgeon latéral si bien qu'à la fin de la saison l'arbre a une hauteur d'environ 1,50 m. L'année suivante, son port est devenu buissonnant, il s'étale en largeur ; sa hauteur moyenne est de 1,60 m. Une mesure du diamètre du tronc à la base indique une valeur de 2,5 cm. Réobservé en août 1974, cet arbre isolé, souvent cassé par des causes diverses, atteint une hauteur de 3,20 m et un diamètre à la base du tronc de 10 cm.

Quelques mesures plus systématiques ont été réalisées à l'automne 1975, sur l'île de St-Jean dans une population de Peupliers situés sur la grève amont et à 1,50 m au-dessus de l'étiage. L'âge de cette population a été évalué d'une part en étudiant la ramification et le nombre d'entre-noeuds et d'autre part en recherchant la date possible de dépôt des graines. Deux dates coincident avec la cote de 1,50 m, celle du 14 mars 1972 et celle du 17 juin 1971.

(5) Le 28 août 1972 nous avons noté sur les grèves de St-Jean une densité par place de 600 individus au mètre carré (Saules et Peupliers en mélange). Le 17 septembre 1971 à Vouvray un carré-témoin de 1m de côté contenait 148 Saules de 5 à 8 centimètres de hauteur (J. GRELON 1972b p. 184).

La date de 1972 a été retenue car elle correspond aux observations faites sur les arbres et en même temps avec le fait que certains clones de Peupliers débourrent très tôt dans la saison. Remarquons de plus que l'année 1972 fut une année exceptionnellement abondante en graines. On peut donc admettre que les Peupliers avaient trois ans et demi à l'époque des observations.

Tableau des résultats :

Les valeurs sont données en centimètres ; le premier chiffre correspond à la longueur du dernier entre-noeud compté jusqu'à l'extrémité du bourgeon principal et mesuré sur ce qui nous a paru être la branche maîtresse ; le deuxième chiffre est la longueur de l'entre-noeud précédent. Il n'a pas été possible de mesurer les premiers entre-noeuds, sauf dans le cas n° 12.

| n° d'ordre | | | | | hauteur de l'arbre |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26 | 55 | | | 180 |
| 2 | 25 | 55 | | | 190 |
| 3 | 35 | 50 | | | 190 |
| 4 | 38 | 30 | | | 150 |
| 5 | 48 | 58 | | | 176 |
| 6 | 70 | 60 | | | 270 |
| 7 | 65 | 50 | | | 295 |
| 8 | 110 | 50 | | | 210 |
| 9 | 70 | 65 | | | 250 |
| 10 | 150 | 68 | | | 260 |
| 11 | 105 | 105 | | | 250 |
| 12 | 75 | 70 | 60 | 40 | 245 |

De ce tableau nous pouvons déduire que la population observée est hétérogène et peut être divisée en deux classes, une classe de Peupliers n'atteignant pas deux mètres en trois ans et demi c'est-à-dire en quatre périodes de croissance, une autre classe dépassant largement ce chiffre.

On sait par ailleurs que la populiculture est une production du Val de Loire. Parmi les clones plantés le "Robusta" et le "I 214" (6) sont les plus utilisés. Des hybridations sont fréquentes. Il ne nous a pas été possible d'identifier les individus observés. Toutefois on peut cependant

(6) Renseignements aimablement fournis par Mr RIDE (I.N.R.A. ANGERS).

dire que dans le cas précis des grèves de St-Jean-de-la-Croix les deux classes de Peupliers observés ont une croissance moyenne d'environ 45 cm par période végétative pour la première et une croissance moyenne d'environ 65 cm pour la plus vigoureuse.

Les Saules ont une croissance du même ordre. Un relevé fait le 8/9/71, à St-Jean-de-la-Croix, dans un buteau en formation indiquait que l'ensemble de la population (*Salix alba* L. principalement, avec quelques *Salix viminalis* L.) avait 1,70 m de hauteur en moyenne. Réobservé le 6/9/74 ce buteau est maintenant une île avec un sol bien formé en surface et des arbres de cinq mètres de haut.

R. SIEGRIST (1913) et Ph. HAGENE (1937) ont étudié les conditions d'implantation des jeunes Saulaies sur les limons et sables humides et souligné le rapport étroit des végétations de Saules avec le niveau de l'eau : "Elles dessinent exactement la ligne de contact de la surface de l'eau et de la rive". Or l'année 1972, comme nous l'avons déjà signalé, a été particulièrement favorable à une telle observation. Les graines exceptionnellement nombreuses se sont déposées sur les berges à la faveur d'une baisse de l'eau et ont germé très rapidement (12 à 15 heures d'après Ph. HAGENE 1937 p. 304), au point de former de véritables populations dont l'emplacement correspond très exactement à une des cotes de l'une des années précédentes. C'est à partir de cette méthode que nous avons pu confirmer l'âge des Peupliers étudiés sur la grève de St-Jean. On peut même ajouter que, compte tenu de la précocité au débourrement du clone I 214 (début mars), de la chute presque immédiate des chatons femelles de cette espèce et de ses courbes de croissance (7), c'est sans doute ce clone qui correspond aux numéros 6 à 12 du tableau précédent, les autres numéros correspondant peut-être à un hybride (le "Robusta" n'existant que sous la forme mâle).

Remarquons enfin qu'à ce niveau des grèves (1,50 m au-dessus de l'étiage), si la nappe phréatique s'abaisse, une compensation hydrique peut être nécessaire, ainsi les 79 mm de pluie de septembre 1973 et les 68 mm de septembre 1974 (cf. première partie § 4.1.1.). La convergence indispensable de ces différents facteurs explique que les jeunes Saulaies et Peupleraies n'existent qu'en des points délimités. Celles-ci sont la plupart du temps

(7) Graphiques dans l'article de C.L. DEVEAUX 1975 p. 87.

constituées de peuplements homogènes, *Salix alba* L. avec quelques Peupliers, ou, inversement, des Peupliers avec en mélange quelques Saules.

1.3.3. La végétation des bordures frangeantes des îles (fig. 27 et 28).

La zone 3 correspond à la zone de balancement des crues (crues exceptionnelles exclues) ; elle est en relation directe avec le courant. On devra distinguer les bordures nord des îles dont la base est en contact direct avec le courant même aux plus bas régimes d'été et qui s'étend donc du niveau proche de l'étiage à la région qui n'est recouverte que très rarement par les eaux. La face sud est, la plupart du temps, en prolongement de la grève c'est-à-dire du niveau 2. Sauf variations locales, ces bordures sont le domaine des Graminées et Cypéracées à rhizomes. Elles se prolongent au sommet par les phanérophytes où les Saules sont l'essence dominante.

1.3.4. La végétation des zones exondées.

La zone 4 est celle du peuplement prairial ou ligneux normalement exondé pendant la plus grande partie de l'année. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'ensemble pourra être recouvert par les eaux. Cette zone peut prendre localement des faciès variés, en mosaïque ; prairie de type mésophile, fourrés denses à épineux, boqueteaux, dépressions profondes où nous retrouvons la végétation des niveaux précédents, enfin des zones soumises à l'action des crues où la présence de troncs d'arbres et d'épaves de toutes sortes ainsi que l'absence presque complète de végétation autre que phanérophytique témoignent de la violence du courant.

## 2. *Les associations végétales.*

### 2.1. Généralités, justification de la méthode employée.

L'étude de la végétation a été conduite selon la technique de l'Ecole Zuricho-Montpelliéraine, plus connue actuellement sous le nom d'école sigmatiste (8). Ce choix aurait pu être dû au seul fait que cette méthode basée sur la primauté de la composition floristique a été celle que nous avons utilisée pour la première fois au cours de nos études. Cependant, sans

(8) De S.I.G.M.A., sigle de la Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine, fondée et animée par J. BRAUN-BLANQUET, à Montpellier.

négliger cet aspect subjectif, deux autres arguments nous ont poussé à travailler dans l'esprit de cette école. Tout d'abord, le but même de notre travail. Essayer de saisir la dynamique de la végétation entraînait nécessairement une analyse du couvert végétal, analyse basée non seulement sur ses caractères physionomiques mais aussi et surtout sur sa composition floristique. Seuls des relevés floristiques réalisés au cours de plusieurs années successives et en des lieux parfaitement repérés pouvaient être à même de rendre compte de l'évolution de la végétation autrement que d'une façon superficielle. De plus, comme nous l'avons fait remarquer dans l'introduction de ce travail et au cours de la première partie, le terrain d'études est une mosaïque, une série de discontinuités. Or l'esprit de la phytosociologie sigmatiste est justement la recherche de ces discontinuités (M. GUINOCHET, 1973 p. 159). Il ne pouvait y avoir, sur les grèves et les îles de la Loire soumises précisément à des phénomènes périodiques, de meilleur terrain d'application pour cette méthode.

On sait que la méthode consiste à réaliser des relevés de toutes les espèces sur des surfaces floristiquement homogènes c'est-à-dire "n'offrant pas d'écarts de composition floristique appréciables entre ses différentes parties" (M. GUINOCHET, 1973 p. 7). Une des grandes difficultés rencontrées a été de repérer précisément ces surfaces car les nombreux microreliefs du terrain et les variations édaphiques correspondantes entraînaient, parfois sur des distances très courtes, des variations de composition floristique. Il a donc fallu soit limiter la surface décrite (parfois réduite à deux mètres carrés), soit se contenter, parce que la surface étudiée était elle-même petite, d'une aire de travail dont les dimensions restreintes faisaient courir le risque de ne pas avoir dans le relevé les espèces caractéristiques. Nous avons fait cependant de tels relevés sachant qu' "une espèce peut très bien être considérée comme caractéristique d'une association tout en n'étant simplement présente que dans un seul des relevés définissant celle-là, pourvu qu'on ne la retrouve dans aucune autre association" (M. GUINOCHET, 1973, p. 19).

A l'intérieur du relevé on affecte généralement chaque espèce de deux coefficients, le premier indiquant l'abondance-dominance, le second la sociabilité. En ce qui concerne le premier coefficient nous nous sommes trouvés devant deux situations assez différentes. Sauf cas particulier - cuvettes humides de bas de pentes où le recouvrement était maximum avec sou-

vent plusieurs strates - les relevés des grèves n'avaient qu'un faible recouvrement. A l'opposé ceux du sommet des îles ont été faits dans une végétation exhubérante. Apparemment plus subjective, la notion de sociabilité est d'appréciation délicate. Ce coefficient dépend beaucoup en effet du mode de propagation de l'espèce et de la topographie des lieux. En particulier, sur les grèves, nous avons déjà signalé la disposition en "ligne" selon les courbes de niveau de certains peuplements tels ceux des Saules et des Peupliers. De même, dès qu'un buteau commence à se former, il est vite colonisé par les stolons de *Paspalum distichum* L. Finalement pour ne pas alourdir les recherches nous n'avons gardé que le seul coefficient d'abondance-dominance dont l'information ajoutée à celle de la présence-absence apportait suffisamment d'éléments pour caractériser les associations.

## 2.2. Les groupements végétaux.

### 2.2.1. Groupement situé au niveau de l'étiage.

L'association à *Cyperus michelianus* (L.) Lk
et *Ilysanthes attenuata* (Muhl.) Small.
*Cyperetum micheliani* R. CORILLION, 1970-71.

Ecart maximum observé entre les années 1971 et 1974 :
- 0,60 m, - 0,20 à Vouvray
- 0,30 m, + 0,65 à St-Jean-de-la-Croix.

#### 2.2.1.1. Emplacement des relevés (9). voir annexe n° 2.

De nombreux points des grèves peuvent être rapportés à l'alliance du *Nanocyperion* dont fait partie l'association étudiée. Toutefois ceux qui sont les plus favorables à des relevés contenant les espèces caractéristiques, se localisent soit en bordure de cuvettes internes dont l'humidité est entretenue par les suintements des sables voisins, soit dans les zones humides limono-sableuses situées le long du fleuve.

(9) Les relevés 1 à 9 ont été faits à St-Jean-de-la-Croix à l'été-automne 1974, les relevés 11 à 16, à Vouvray, la même année, et les relevés 12a, 13a et 17 en 1971 à St-Jean. Aucun relevé n'a pu être réalisé à Vouvray en 1971 en raison de la submersion très rapide des niveaux inférieurs.

Dans le premier cas, la végétation est très souvent, en fin d'été, optimale et fermée ; ainsi en est-il des relevés 7,8,9 de St-Jean et du relevé 15 de Vouvray. Par contre la végétation des bordures humides du fleuve est ouverte et ses éléments dispersés. Dans ce cas les emplacements les plus favorables se trouvent dans les zones situées à l'abri du courant principal (relevés 12a de St-Jean et 12 de Vouvray)

Nous avons rapporté au *Nanocyperion* un relevé (11 de Vouvray) dont la situation est assez inhabituelle puisque la végétation se localise sur les tuffeaux qui ont servi à la construction des digues. *Cyperus michelianus* et *Cyperus fuscus*prospèrent vigoureusement dans les anfractuosités de calcaire et sur une distance verticale de 50 cm.

Enfin remarquons que tous ces relevés, à part le n° 11 de Vouvray, ont été faits à la limite des eaux, ce qui confirme bien les exigences d'humidité de cette association.

2.2.1.2. Tableau de relevés : voir annexe n° 2 bis.

2.2.1.3. Remarques phytosociologiques.

L'association à *Cyperus michelianus* et *Ilysanthes attenuata* (*Cyperetum micheliani*), association des sables plus ou moins limoneux et proches de l'étiage, a été décrite par R. CORILLION (1971b), et rapprochée des associations décrites par plusieurs auteurs et correspondant à des biotopes sensiblement identiques. Les affinités avec le *Cyperetum flavescentis* W. Koch, 1926, l'*Eleocharetum ovatae*(Hayek) H. Moor, 1926, et le *Cypereto-Heleochloetum alopecuroidis* S. Rivas Goday, 1969, ont été soulignées. R. CORILLION propose d'inclure cette association aux côtés de l'*Eleocharetum ovatae* H. Moor, 1926, association des vases et sables limoneux exondés des étangs, dans l'alliance du *Nanocyperion flavescentis* W. Koch, 1926, en raison des similitudes de leur composition floristique et de l'époque où ces végétations atteignent leur développement optimal. L'ensemble est rattaché à l'ordre des *Isoetalia* Br. Bl. 1931, et à la classe des *Isoeto-nanojuncetea* Br. Bl. et Tx. 1943.

En association avec la végétation du *Nanocyperion*, quatre espèces nouvelles pour l'anjou ont été décrites récemment et semblent s'installer au moins sporadiquement à ce niveau. *Ambrosia artemisiaefolia* auct non L. (= *A. elatior L.*), Composée N. américaine a été signalée par R. CORILLION (1964)

sur les grèves de Montjean et de Trèves ; cette espèce n'a pas été revue sur les emplacements étudiés. Il en est de même d'une autre espèce *Mollugo verticillata* L., Aizoacée originaire d'amérique tropicale et découverte par le même auteur en octobre 1957 sur les sables du Thoureil. *Veronica peregrina* L. autre espèce américaine et *Veronica anagalloides* Guss, laté-méditerranéenne atlantique sont par contre beaucoup plus répandues. Elles ont été rencontrées ensemble et exclusivement dans de petites cuvettes internes, riches en limons et dont l'humidité entretenue par les suintements des sables voisins faisait de ces quelques mètres carrés un ensemble de végétation très dense où les caractéristiques du *Cyperetum micheliani* disparaissaient sous l'abondance des autres espèces.

Le tableau ci-après repris d'après R. CORILLION (1971b), indique la place de l'association du Val de Loire par rapport aux autres associations de biotopes sensiblement voisins.

*Classe des Isoeto-Nanojuncetea* Br. Bl. et Tx., 1945

I - *Ordre des Isoetolia* Br. Bl., 1931.
*Alliance du Nanocyperion flavescentis* W. Koch 1926

| *Cicendietum filiformis* W. Koch 1926. | *Cyperetum flavescentis* W. Koch 1926. | *Eleocharetum ovatae* H. Moor 1926. | *Cyperetum micheliani* R. Corillion 1970-71. |
|---|---|---|---|
| Surfaces argilo-sableuses, humides et acides :<br>- soit sur placages décalcifiés,<br>- soit en bordure de mares acides. | Sur sols humides périodiquement inondés, riches en substances organiques. | Sur vases et sables limoneux asséchés des étangs. | Sur sables limoneux des rivières, au niveau de l'étiage. |
| Nombreuses espèces à caractères thermophiles, méditerranéennes-atlantiques. | Espèces médio-européennes. | Espèces médio-européennes. | Espèces médio-européennes. |
| Groupement instable. | Groupement instable. | Groupement instable. | Groupement instable. |

II - *Ordre des Cyperetalia fusci* Müller-Stoll et Pietsch, 1961.
*Alliance de l'Heleochloion* Br. Bl. 1962.
*Cypero-Heleochloetum alopecuroides*
S. Rivas-Goday 1969.

Sur sables siliceux et alluvions des rivières de la péninsule ibérique, au niveau de l'étiage.

Espèces à affinités méditerranéennes.

Groupement instable.

2.2.2. Groupements des grèves : niveaux moyen et supérieur du lit mineur.

2.2.2.1. L'association à *Corrigiola littoralis* et *Chenopodium sp.pl.* (*Corrigiolo-Chenopodietum*, Allorge et Gaume, 1931 ; Poli et Tüxen 1960)

Ecart maximum observé entre les années 1971 et 1974 :

0 m à + 0,40 à Vouvray

0 m à + 0,90 à St-Jean-de-la-Croix.

2.2.2.1.1. Emplacement des relevés : voir annexe n° 3.

La surface relativement importante des grèves des deux îles nous a permis de faire un certain nombre de relevés se rapportant à l'association. Les surfaces étudiées sont de dimensions moyennes et le recouvrement faible. Malgré le caractère ouvert des groupements, le nombre des espèces reste assez élevé ; toutefois des variations locales de niveau et donc d'humidité entraînent l'apparition de groupements monospécifiques : faciès à *Portulaca oleracea*, à *Polygonum persicaria*, localisés dans les zones humides au voisinage de l'étiage et qui font ainsi transition avec les espèces du *Nanocyperion* ; faciès à *Eragrostis pilosa* situé au sommet des grèves plus sèches et qui annonce l'association à *Xanthium orientale* et *Chenopodium* sp.pl.

2.2.2.1.2. Tableau de relevés : voir annexe n° 3 bis.

2.2.2.1.3. Commentaire.

Les relevés rapportés au *Corrigiolo-Chenopodietum* ont été répartis en trois groupes.

Un premier, composé des relevés 13, 12, 11 et 14, nous a paru le plus typique de l'association ; il est situé au niveau ou au voisinage de l'étiage et son coefficient de communauté est assez élevé.

Un deuxième groupe comprend les relevés 8, 16, 15 et 17 auxquels on peut adjoindre le relevé n° 7. Les quatre premiers atteignent presque le sommet des grèves, par contre celui de Vouvray (n° 7) est au niveau de l'étiage. Si nous les avons groupés ensemble, c'est d'une part en raison d'un plus grand nombre d'espèces caractéristiques et de leur coefficient de communauté élevé, et surtout de la présence de *Xanthium orientale*, espèce différentielle du groupe à l'intérieur du *Corrigiolo-Chenopodietum* et qui annonce l'association du *Xanthio-Chenopodietum* des niveaux supérieurs.

Entre ces deux groupes, trois relevés, 18, 19 et 9 apparaissent comme un ensemble de transition. On monte, en effet, du niveau 20 cm où se situent préférentiellement les espèces du *Chenopodion*, au niveau 70 cm où commencent à apparaître celles du *Xanthio-Chenopodietum*, et, en même temps, on passe d'un relevé appauvri du *Chenopodion* (n°18) avec deux espèces caractéristiques, à un relevé (n° 9) qui contient six espèces caractéristiques dont *Chenopodium botrys* espèce presque toujours située à un haut niveau proche du *Xanthio-Chenopodietum*.

Ce tableau illustre bien, à notre avis, la composition "en mosaïque" de la végétation des grèves de la Loire.

### 2.2.2.2. L'association à *Xanthium orientale* L. et *Chenopodium* sp.pl. (*Xanthio-Chenopodietum*, Lohm. et Walther 1950)

#### 2.2.2.2.1. Emplacement des relevés.

Deux seuls relevés ont pu être rapportés à l'association. L'un (n° 1) plus caractéristique du groupement est situé à St-Jean-de-la-Croix et se localise au sommet du banc de sable de plusieurs centaines de mètres de longueur qui constitue la grève amont. Le banc est subhorizontal avec une végétation très ouverte et très pauvre en espèces du *Chenopodion*. *Xanthium orientale* y prospère vigoureusement en individus isolés accompagné parfois de larges plaques d'*Eragrostis pilosa*.

Le relevé n° 8 de Vouvray est moins typique. Réalisé sur la grève de la bordure sud de l'île, il est très pauvre en espèces ce qui peut s'expliquer en partie par la situation même de cette grève assez basse et très rapidement exposée à la force du courant. Nous avons rapproché ce relevé de celui de St-Jean car des trois relevés de Vouvray (voir les n° 7 et 8 du *Corrigiolo-Chenopodietum*) il est le seul qui contienne l'espèce caractéristique, *Xanthium orientale*, et en même temps s'écarte assez sensiblement du *Corrigiolo-Chenopodietum*, décrit précédemment.

Nous avons ajouté à ce tableau un relevé réalisé par R. CORILLION (1971b) à Chalonnes. Ce relevé contient également assez peu d'espèces. Les conditions sévères d'alimentation en eau qui existent au niveau supérieur des sables peuvent expliquer la pauvreté d'une végétation formée presque exclusivement de thérophytes (cf. § 1.3.2.).

#### 2.2.2.2.2. Tableau de relevés : voir annexe n° 4.

### 2.2.2.3. L'association à *Amarantus retroflexus* L. et *Chenopodium* sp.pl. (*Amaranto-Chenopodietum*, Moor 1958)

#### 2.2.2.3.1. Emplacement des relevés.

Les relevés de cette association ont été effectués uniquement à St-Jean-de-la-Croix. Le n° 1, sur un buteau en formation, en aval et à l'abri d'un Saule ; le n° 2, dans une exposition un peu semblable mais sur un buteau plus ancien ; le n° 3, entre l'île et la rive sud, dans le chenal en voie de comblement, le long de la rive et en contrebas d'une zone de cultures. La caractéristique essentielle de ces relevés est donc d'être situés sur des sables enrichis par l'apport de limons contenant sans doute une assez forte proportion d'azote, comme en témoigne la constitution des relevés riches en espèces nitrophiles. En dehors des quelques résultats de composition chimique des sols signalés dans la première partie de ce travail, nous n'avons pas fait de mesures particulières pour ces groupements.

#### 2.2.2.3.2. Tableau de relevés (voir annexe n° 5).

On remarquera que les relevés sont assez caractéristiques de l'association avec toutefois une relative pauvreté en espèces pour le n° 3 ce qui peut s'expliquer par la situation plus protégée du groupement.

### 2.2.2.4. L'association à *Polygonum* sp. et *Bidens tripartita* L. (*Polygono-Bidentetum*, Koch 1926, Poli et Tüxen 1960)

#### 2.2.2.4.1. Emplacement des relevés.

Les deux relevés ont été faits à St-Jean-de-la-Croix. Le premier dans un chenal comblé près d'une île en formation le long de la rive sud ; le second le long de la bordure sud de l'île principale non loin de l'épi n° 5. Bien que de nombreux emplacements puissent être rapportés à l'alliance du *Bidention*, ce sont, à notre connaissance, les deux seuls points où l'association, telle qu'elle a été décrite par les auteurs, a pu être reconnue.

Les deux relevés se localisent à une hauteur moyenne de 1,20 m au dessus du niveau de la Loire au 21 septembre 1974, date de la recherche, ce qui correspond à une valeur de 0,90 m au-dessus de l'étiage. Les emplacements repérés sont en bordure des îles, dans des endroits riches en limons (cf. la remarque du § 2.2.2.3.1.) sous un couvert d'arbres qui protège les plantes du rayonnement direct et maintient une relative fraîcheur.

#### 2.2.2.4.2. Tableau de relevés : voir annexe n° 6.

### 2.2.2.5. Remarques phytosociologiques.

Les groupements végétaux décrits précédemment et qui forment quatre associations distinctes ont été rapportés au *Chenopodion*, pour le niveau moyen des grèves et au *Bidention* pour le niveau supérieur.

Au niveau moyen des grèves l'association la plus représentée est le *Corrigiolo-Chenopodietum*. C'est elle qui constitue le plus grand nombre des relevés de l'alliance. A ce niveau *Corrigiola littoralis* L., espèce psammophile, est constamment présent et souvent accompagné de nombreuses espèces de Chénopodes et d'Amarantes ce qui indique le caractère nitrophile du milieu.

Cette association a été rapprochée de celle décrite par ALLORGE et GAUME (1925) en Sologne. Localement elle passe au *Xanthio-Chenopodietum* Lohm et Walther 1950, sur les hauts de grève, ou à un *Amaranto-Chenopodietum* Moor 1968, en bordure des rives. Ces trois associations se rattachent au *Chenopodion fluviatile* Tx. 1960, ordre des *Bidentetalia tripartiti* Br. Bl. et Tx. 1943, classe des *Bidentetea tripartiti* Tx., Lohm et Preisg. 1950 qui sont des groupements méso-hygrophiles colonisant les dépôts vaseux riches en sels minéraux (M. GUINOCHET 1970).

La présence de *Cyperus michelianus* et des caractéristiques du *Nanocyperion* dans les relevés 12, 13 et même 19 (voir annexe n° 3 bis) indique que cette association est souvent en contact avec le *Cyperetum micheliani* dont elle est, dans ce biotope particulier, l'évolution normale à la suite d'une élévation du niveau des sables et de l'assèchement du milieu.

Au niveau supérieur des grèves, le *Polygono-bidentetum* appartient à l'alliance du *Bidention tripartiti* Nordhagen 1940. Il a été décrit à plusieurs reprises en France et en Europe sous le nom de *Bidentetum tripartiti*. R. CORILLION (1971b, p. 168), le rapproche du *Polygono-bidentetum* défini par E. POLI et J. TUXEN en Europe centrale (1960).

En association avec la végétation du *Chenopodion* il est possible de retrouver deux espèces déjà signalées comme apparentées au *Nanocyperion*, *Ambrosia artemisiaefolia* et *Mollugo verticillata*, mais à ce niveau, en même temps qu'à celui du *Bidention*, trois nouvelles espèces apparues depuis quelques années dans le Val de Loire ont modifié sensiblement la composition floristique des deux alliances.

La plus caractéristique d'entre elles en raison de la place importante qu'elle prend aux dépens du *Bidentetum* est *Paspalum distichum* L. ssp. *paspaloides* (Mich.). Cette Graminée américaine tropicale apparue aux Ponts-de-Cé en 1923 (G. BIORET) est en extension constante depuis cette date et constitue en bordure des rives angevines de puissants faciès monospécifiques. Elle est moins abondante en Touraine mais a été signalée dès 1929 par E. SIMON à Tours, étudiée par R. CORILLION (1965) puis revue à Ste Radegonde près de Tours par J.M. COUDERC et M. GUEDES (1971). Un "Paspaletum distichi" caractéristique du Val de Loire pourrait être décrit comme une association nouvelle rattachée au *Bidention tripartiti* et à l'ordre des *Bidentetalia*, mais distincte du *Paspalo-Agrostidetum* Br. Bl. qui appartient au domaine méditerranéen. La position actuelle de cette espèce dont la "niche écologique" vis à vis des autres espèces des associations du même niveau ne semble pas encore suffisamment précise, nous incite à en faire un simple faciès du *Polygono-Bidentetum* (cf. tableau ci-après).

*Bidens frondosa* L. est une composée nord-américaine observée en Anjou pour la première fois par M. DEBRAY et G. BIORET en 1942. Son extension est devenue depuis constante puisque M. DEBRAY la signale à Tours en 1963 et R. CORILLION dans la vallée de la Vienne en 1964. Nous l'avons revue en abondance dans les deux stations où elle s'installe parmi la végétation du *Bidention*.

*Cyperus esculentus* L. var. aureus (Ten.) Richter, espèce d'origine méditerranéenne et tropicale, avait été signalée près de La Charité-sur-Loire par J.E. LOISEAU (1953), puis revue par J. PRUDHOMME en 1959. Nous avons récolté cette espèce simultanément sur les îles de Vouvray et de St-Jean-de-la-Croix au cours de l'été 1970 en même temps que R. CORILLION la découvrait aux Ponts-de-Cé au lieu-dit "Le Bosquet" (R. CORILLION et J. GRELON 1972). Elle a été revue dans les mêmes stations en 1971 puis les années suivantes mais avec moins d'abondance. L'espèce se situe à Vouvray à la cote + 0,75 (voir fig. 28) où elle formait à l'été 1971 une bordure horizontale extrêmement nette parmi la végétation des rives, à la limite inférieure du groupement à *Agropyrum repens* et *Agropyrum campestre*. A St-Jean-de-la-Croix les exemplaires moins nombreux étaient disséminés sur la grève au niveau du *Chenopodion*.

Le tableau ci-après essaye de préciser les rapports entre les différentes alliances et associations rencontrées à ces deux niveaux.

*Classe des Bidentetea tripartiti* Tx. Lohm. et Preisg. 1950

Ordre des *Bidentetalia tripartiti* Br. Bl. et Tx. 1943

I - Alliance du *Chenopodion fluviatile* Tx. 1950

*Corrigiolo-Chenopodietum*

= Corrigiolo-Chenopodietum botrydis (Allorge et Gaume 1931) Poli et Tx. 1960

Sur sables et graviers plus ou moins humides.

Nombreuses espèces à caractère psammophile.
Nombreuses espèces prostrées.

Groupement plus stable, colonisateur et fixateur des grèves.

Facies possibles à :

- Portulaca oleracea
- Corrigiola littoralis
- Polygonum persicaria
- Bryum argenteum

*Xanthio-Chenopodietum*

Lohm. et Walther 1950

Sur sables et graviers plus secs en haut des grèves.

Végétation clairsemée .

Groupement stable sur grèves déjà fixées.

Facies possibles à :

- Xanthium orientale
- Eragrostis pilosa
- Paspalum distichum (passage vers le Bidentetum)

*Amaranto-Chenopodietum*

Moor 1958

En bordures de rives, bas de pentes.
Sur sables plus limoneux, humides et riches en nitrates.

Végétation dense et haute .

Groupement stable à l'abri du courant principal.

II - Alliance du *Bidention tripartiti* Nordhagen 1940.

*Polygono-Bidentetum* (Poli et Tx. 1960) Koch 1926

En bordures de rives, sur les pentes et dans des zones protégées du courant principal.
Végétation dense et haute .
Groupement stable.
Facies possibles à : Polygonum sp. pl.
à : Paspalum distichum.

Groupements phytosociologiques des niveaux moyens et supérieurs des grèves.

2.2.2.6. Remarques conclusives sur les associations des grèves, leur répartition verticale et la dynamique de la végétation.

Les tableaux donnés en annexe indiquent pour chaque relevé sa hauteur au-dessus du niveau zéro qui est celui de l'étiage de la Loire à l'endroit considéré. Il nous a semblé intéressant de reprendre l'ensemble de ces renseignements et de les regrouper afin d'établir des rapports de complémentarité ou d'opposition entre les associations d'une même station puis de comparer entre elles ces stations (fig. 26). Chaque trait vertical indique les limites supérieure et inférieure de chaque association tandis que le tracé horizontal a reçu une longueur proportionnelle au nombre de relevés observés à un niveau donné.

A l'intérieur d'une même station on peut faire les remarques suivantes :

Chaque association est caractérisée par des limites précises et un optimum écologique. Ceci est particulièrement net pour le *Cyperetum micheliani* dont les relevés les plus nombreux se situent près de la limite inférieure. En ce qui concerne le *Chenopodion* il est nécessaire de distinguer entre les trois associations. Le *Corrigiolo-Chenopodietum* a une plasticité écologique assez grande puisque son extension verticale le conduit du niveau d'étiage jusqu'à près de la limite supérieure des grèves. Les relevés de cette association peuvent donc se situer à tous les niveaux ce qui correspond au caractère décrit : groupement stabilisateur des grèves sur sable ou gravier plus ou moins humide. L'*Amaranto-Chenopodietum* a une amplitude un peu du même ordre. Ses exigences hydriques sont toutefois moins grandes que celles de l'association précédente et il "monte" comme elle jusqu'à la limite supérieure des grèves.

Le groupement à *Xanthium* est localisé près de cette limite supérieure. C'est un groupement qui recherche les hauts de grèves ; on pourrait presque le considérer comme un groupement xérophile.

Les deux relevés du *Bidention* concernent St-Jean. Ici, en plus des exigences hydriques intervient un facteur édaphique : le besoin d'un sol plus riche. Il semble bien que ce groupement pourrait avoir comme l'*Amaranto-Chenopodietum* une amplitude verticale assez grande, mais les exigences de l'association qui est un groupement stable situé dans des zones limoneuses protégées du courant principal, limitent considérablement le nombre de stations où on

peut avoir quelques chances de le rencontrer. Compte tenu de la situation des deux îles par rapport à la Loire, c'est sur les grèves de St-Jean-de-la-Croix et uniquement sur elles que ce groupement pouvait s'installer.

Une deuxième remarque concerne la dynamique de la végétation (10). Que ce soit à St-Jean ou à Vouvray, l'évolution linéaire "normale" est celle qui, à partir du *Cyperetum micheliani*, aboutit au *Chenopodion* dans les biotopes plus exposés avec passage d'une association à l'autre par les phénomènes de coopération et de compétition inter et intraspécifiques (M. GUINOCHET, 1973), et au *Bidention* dans les biotopes plus protégés. Dans cette perspective dynamique on peut être tenté de mettre à part le *Cyperetum micheliani* en hésitant à en faire un groupement pionnier au sens strict et en raison de son caractère aléatoire, sporadique. A ce sujet le dictionnaire "ROBERT" donne la définition suivante du mot pionnier : "... qui est premier, fraye le chemin, prépare la voie".

Appliquée à un groupement végétal cette expression pourrait désigner "tout groupement dont l'action sur le substrat et réciproquement de celui-ci sur la végétation entraîne une modification des conditions écologiques du milieu qui prépare la voie à un groupement ultérieur". Un groupement pionnier a donc une certaine stabilité, condition nécessaire pour que la relation sol-végétation puisse s'établir et persister. Il est évidemment destiné à disparaître par évolution naturelle du milieu. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des surfaces nues où la colonisation successive par les lichens, mousses, pelouses basses etc... est d'une observation courante.

Que constate-t-on dans le cas du *Cyperetum micheliani* ? Cette association est rattachée à l'alliance du *Nanocyperion flavescentis*, groupement caractéristique des berges d'étangs asséchés temporairement. Il est certain que dans l'un et l'autre milieu, berges de rivières ou d'étangs, la liaison du *Nanocyperion* avec le substrat d'une part, et l'association qui lui succède d'autre part, est beaucoup moins étroite que dans l'exemple cité plus haut. Ici l'évolution cyclique à retour périodique et dont le caractère sporadique est encore plus prononcé dans le cas de la Loire, prend le pas sur l'évolution linéaire qui devient à peine perceptible (voir la présentation de l'annexe n° 11). Peut-on alors parler de groupement pionnier ? Oui au sens où cette as-

(10) Une étude plus complète de cette question fera l'objet du § 3.

sociation est vraiment celle qui s'installe "en premier" lorsque les facteurs qui permettent son implantation se trouvent réunis... Mieux, on retrouve très souvent, comme l'indique le tableau du *Chenopodion* (voir annexe n° 3 bis), un certain nombre d'espèces du *Nanocyperion* ou du *Cyperetum micheliani* parmi les éléments de l'alliance suivante ce qui, soit dit en passant, est une indication sur la plasticité écologique de l'association et une preuve de la continuité entre les deux alliances. La liaison milieu-association existe, son cadre n'est pas rigide.

Une autre remarque concerne la comparaison que nous pouvons faire entre les îles à propos de l'extension verticale des associations. Il est manifeste que l'amplitude en est plus grande à St-Jean-de-la-Croix qu'à Vouvray, ce qui va entraîner dans la station angevine une plus grande différence entre les caractéristiques écologiques des biotopes et par voie de conséquence entre les associations. Ceci est particulièrement net pour l'association à *Xanthium orientale* et *Chenopodium* sp.pl. du niveau supérieur des grèves (voir annexe n° 4). On en trouve l'explication dans un profil des cotes de la Loire où les variations de niveau sont plus réduites à Vouvray qu'à St-Jean-de-la-Croix (voir les courbes de profil de la Loire dans la première partie, fig. 10-11-12-13).

Enfin il faut rappeler le rôle de la Loire comme moyen de transport pour un certain nombre d'espèces à affinités méridionales : *Paspalum distichum, Chenopodium ambrosioides, Amarantus bouchoni, Mollugo verticillata, Veronica anagalloïdes, Cyperus esculentus* var. *aureus*. Ces espèces trouvent dans ce biotope, au climat particulier, des conditions d'extension favorables (voir première partie § 4, et R. CORILLION, 1971a, p. 47 à 49).

Concluons en disant que l'ensemble des caractères liés à ces deux faits majeurs que sont, d'une part les variations de cotes de la Loire avec leurs répercussions au niveau de l'implantation plus ou moins sporadique des associations, de leur évolution cyclique ou linéaire, de leur disposition verticale, et d'autre part le fleuve lui-même avec son environnement climatique favorable à l'apport d'espèces méridionales, font de ce milieu en continuel remaniement un ensemble très original et du plus haut intérêt.

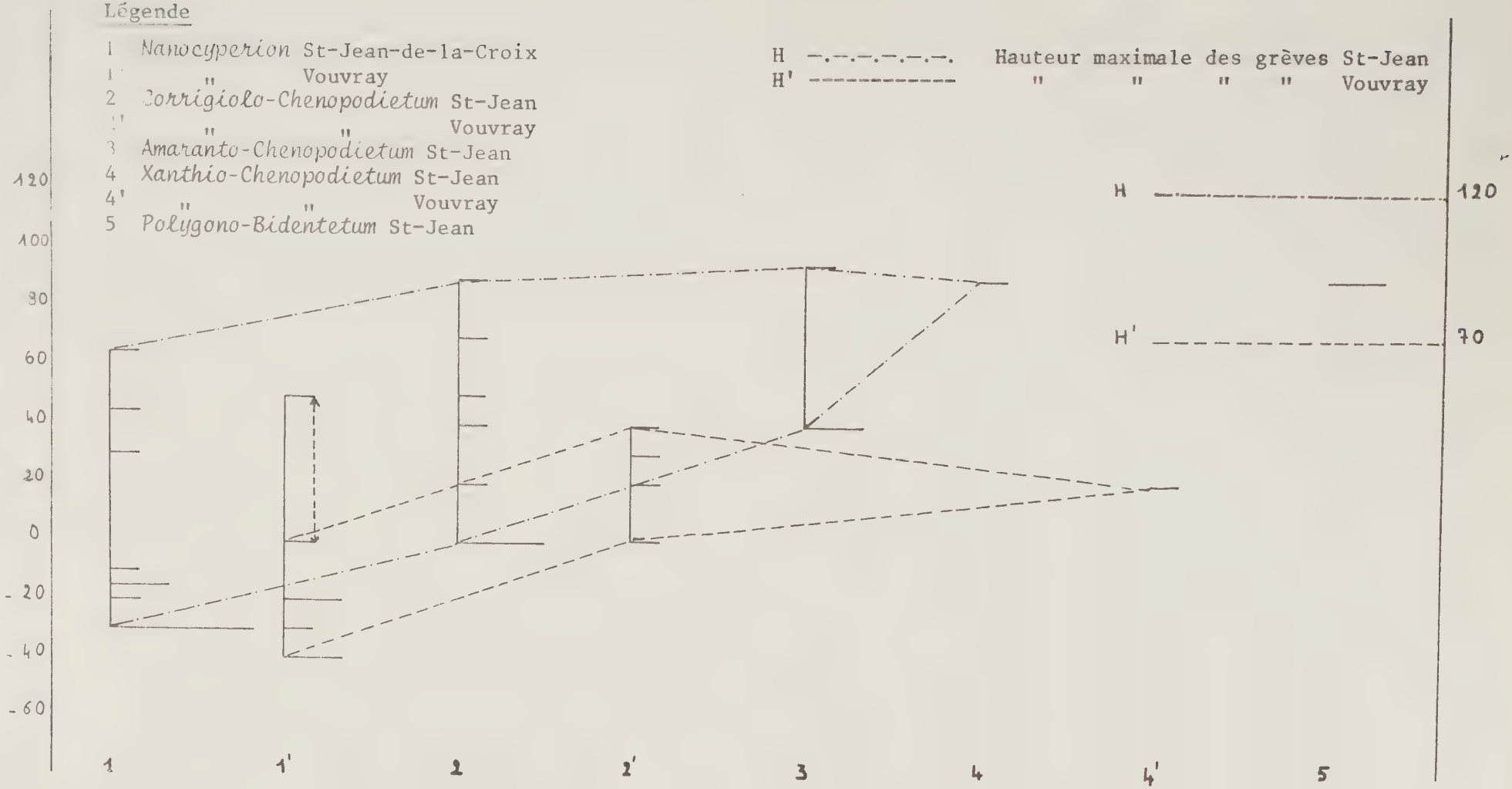



Fig. 26 - Extension verticale des relevés sur les deux îles

## 2.2.3. Les groupements des bordures frangeantes des îles.

### 2.2.3.1. Situation topographique :

Les bordures frangeantes des deux îles qui correspondent à des zones soumises à l'action du courant lors des crues de faible ou moyenne importance (cf. § 1.1.1. et 1.3.3.), peuvent être rapportées à deux types principaux qui dépendent de la situation topographique des rives.

Les rives de la bordure sud sont en général en relation avec un chenal de faible profondeur ou plus souvent avec une grève déjà fixée sur laquelle on retrouve par place et selon les niveaux, les végétations du *Nanocyperion*, du *Chenopodion* ou du *Bidention*.

Les rives de la bordure nord sont au contraire et sauf exception (cas de St-Jean-de-la-Croix pour toute une partie de cette rive), en contact direct avec le courant et par conséquent soumises à une érosion plus ou moins intense.

Enfin il sera nécessaire de distinguer sur l'île de Vouvray les bordures sableuses et les bordures appartenant aux restes des digues dont le substrat est constitué par des blocs de tuffeau plus ou moins délités.

### 2.2.3.2. Analyse de la végétation :

#### 2.2.3.2.1. Cas de St-Jean-de-la-Croix (fig. 27).

Les pentes de la rive sud d'abord raides, s'adoucissent au contact de la grève ; c'est à ce niveau - celui du *Bidention* - que s'installe, en peuplement presque exclusif, le *Paspalum distichum*, sur une largeur de plusieurs mètres et sur une distance verticale de près d'un mètre à partir de l'étiage. Lorsque la grève est beaucoup plus élevée - niveau de l'association à *Xanthium orientale* - le *Paspalum* est éliminé ; il est alors remplacé par un *Bidention* optimal avec des *Chénopodes*, *Amarantes* et *Polygonum* de grande taille qui précèdent de peu la Saulaie ripicole qui les recouvre en partie.

La bordure nord est en contact avec le courant de façon plus ou moins permanente. Dans les zones soumises à une violente érosion latérale (pointe amont de l'île), la Saulaie ripicole "descend" jusqu'au contact du fleuve et ne recouvre que quelques éléments herbacés où l'on distingue par place *Lysimachia vulgaris*, *Erysimum cheirantoïdes*, *Chrysanthemum vulgare*.

Dans les zones en relation avec une grève découverte seulement au moment des plus basses eaux, c'est alors l'association du *Corrigiolo-Chenopodietum* qui "monte" et s'installe sur la pente comme en témoigne le relevé suivant (20 m2, recouvrement 50 %) : *Chenopodium ambrosioides*, 2, *Erysimum cheirantoïdes* 1, *Artemisia vulgaris* 1 ; *Echinochloa crus-galli* +, *Solanum dulcamara* +, *Erigeron canadense* +, *Eragrostis pilosa* +.

Au sommet des pentes, le "Paspaletum" de la rive sud et le *Chenopodion* de la rive nord sont suivi d'une roselière à *Phalaris arundinacea* puis d'une prairie à *Agropyrum campestre* située à la rupture de pente qui précède la végétation du niveau supérieur.

2.2.3.2.2. Cas de Vouvray (fig. 28).

Nous avons vu précédemment (première partie § 3.3.2.) que l'île de Vouvray est constituée d'un soubassement de moellons de tuffeau disposés en deux épis ayant la forme d'un T. L'ensemble a été ensuite enseveli progressivement sous le sable. Toutefois le relief des épis demeure ce qui a pour conséquence d'entraîner des modifications sensibles dans la composition et la répartition de la végétation à ce niveau comme au niveau supérieur.

La rive sud, comme celle de St-Jean-de-la-Croix, se prolonge par une plage sableuse sauf en deux points qui correspondent aux restes des ouvrages perpendiculaires à la direction du fleuve. Cette grève aride et souvent stérile à quelque distance de l'île, se couvre au contact de celle-ci d'une végétation (influence des suintements des pentes), où apparaissent soit des facies monospécifiques à *Portulaca oleracea*, *Polygonum persicaria*, ou même à *Bryum argenteum*, soit une population très clairsemée avec des éléments du *Corrigiolo-Chenopodietum*. Ce substrat sableux, assez pauvre finalement en espèces, du moins pendant la période d'observations, se prolonge sur la pente, directement par la Saulaie ripicole, comme à St-Jean, par la roselière à *Phalaris arundinacea* et la prairie à *Agropyrum campestre*.

La rive nord est fort différente. C'est, sur toute la longueur de l'île, une digue de moellons de tuffeau plus ou moins colmatés, en contact permanent avec le courant et qui plonge presque verticalement jusqu'au fleuve. En période de très basses eaux comme en 1973-1974, on peut voir apparaître, à la base de la pente et dans les zones protégées du courant, des éléments épars du *Chenopodion* ou du *Nanocyperion*. Puis à partir du niveau d'étiage

s'installent en peuplements assez denses une Cariçaie à *Carex riparia* où voisinent *Lysimachia vulgaris* et *Lythrum salicaria*. On retrouve encore cette Cariçaie sur la rive sud au niveau des restes de digues en pierres. Elle est enfin également commune tout le long des levées qui bordent la Loire sur ses deux rives. Cette zone de grands *Carex* ou Magnocariçaie est remplacée progressivement par la roselière à *Phalaris arundinacea* au fur et à mesure que l'on s'élève verticalement le long de la pente et ceci à partir de 0,50 m au dessus de l'étiage.

2.2.3.3. Tableau de relevés (voir annexe n° 7).

Six relevés ont été réalisés sur les deux îles, dont deux à St-Jean-de-la-Croix. La situation des niveaux à *Phalaris* étant différente selon les rives nord ou sud, le choix des emplacements a tenu compte de cette particularité ; en effet sur la rive nord de chaque île l'érosion dûe au courant du chenal principal a pour conséquence que le niveau à *Phalaris* commence à 1,20 m pour aller jusqu'à 3,00 m environ. Sur la rive sud qui se continue par une grève, la végétation commence à un niveau inférieur qui est 50 cm à St-Jean et 90 cm à Vouvray (voir les transects fig. 27 et 28).

2.2.3.4. Remarques phytosociologiques.

On peut dire que, dans les deux îles et au niveau des bordures frangeantes, la roselière à *Phalaris arundinacea* apparaît comme le groupement le plus constant et le plus caractéristique où elle constitue par place des peuplements très denses. Cette roselière fait suite, soit aux éléments du *Chenopodion* ou du *Bidention* sur les pentes en prolongement des grèves ou dans les zones protégées du courant (nous retrouverons ce groupement dans les dépressions internes de chaque île), soit à la Magnocariçaie lorsque le milieu est constitué d'élements très grossiers et situé en bordure d'eaux profondes (Vouvray).

Toutes ces observations restent cependant encore fragmentaires et devront être poursuivies afin de savoir si cette roselière constitue une association distincte telle que l'a décrite E. OBERDORFER (1957) à la suite de LIBBERT 1931, ou une simple variante du *Scirpeto-Phragmitetum* W. Koch, 1926, et que R. TUXEN avait élevé au rang de sous-association, groupement typique des vallées fluviales et qui appartient à l'alliance de *Phragmition eurosibericum* Br. Bl. 1931. WENDELBERGER (1956) rattache le groupement à *Phalaris*

*arundinacea* au *Salicetum albae* Knapp. 1944 et en fait également une sous-association au sein de l'*Alno-Ulmion* Br. Bl. et Tx. 1943. La sous-association décrite qui comprend en outre, *Symphytum officinale, Rumex sanguineus, Mentha aquatica, Viburnum opulus, Solanum dulcamara, Rorippa amphibia* et *Caltha palustris* semble davantage se rapporter à un groupement de prairies basses et marécageuses.

Récemment J.M. GEHU et coll. (1972) ont placé ce groupement dans une nouvelle alliance, le *Phalaridion* et décrit, dans le Jura, deux relevés dont la composition floristique est très proche de celle observée sur les bords de la Loire.

Le tableau ci-après essaye de préciser et de comparer la "situation écologique" de ces diverses alliances. Le caractère particulier du groupement à *Phalaris arundinacea* dont la position "hors d'eau" une grande partie de l'année à la suite de l'abaissement du plan d'eau estival apparaît ici nettement, nous incite à la suite de J.M. GEHU à le différencier du *Phragmition* et à le rapprocher d'une alliance nouvelle, le *Phalaridion*.

La Magnocariçaie frangeante est également bien représentée, en particulier à Vouvray où elle se situe en bordure du fleuve, sur un substrat rocheux en voie de colmatage. A ce niveau elle constitue une population monospécifique de *Carex riparia* auquel se mêlent de grandes herbes *Polygonum amphibium, Lythrum salicaria, Lysimachia vulgaris* ou des lianes, *Solanum dulcamara*. De nouvelles observations devront être faites pour préciser la position de ce groupement au sein de l'alliance du *Magnocaricion* et pour savoir s'il s'agit d'une association spécifique du Val de Loire, le *Magnocaricetum ripariae*, ou plus simplement une sous-association, le *Caricetum ripariae*, ainsi que le décrit J. DUVIGNEAUD (1958) qui rattache ce groupement à l'*Alnetum Glutinosae* W. Koch 1926.

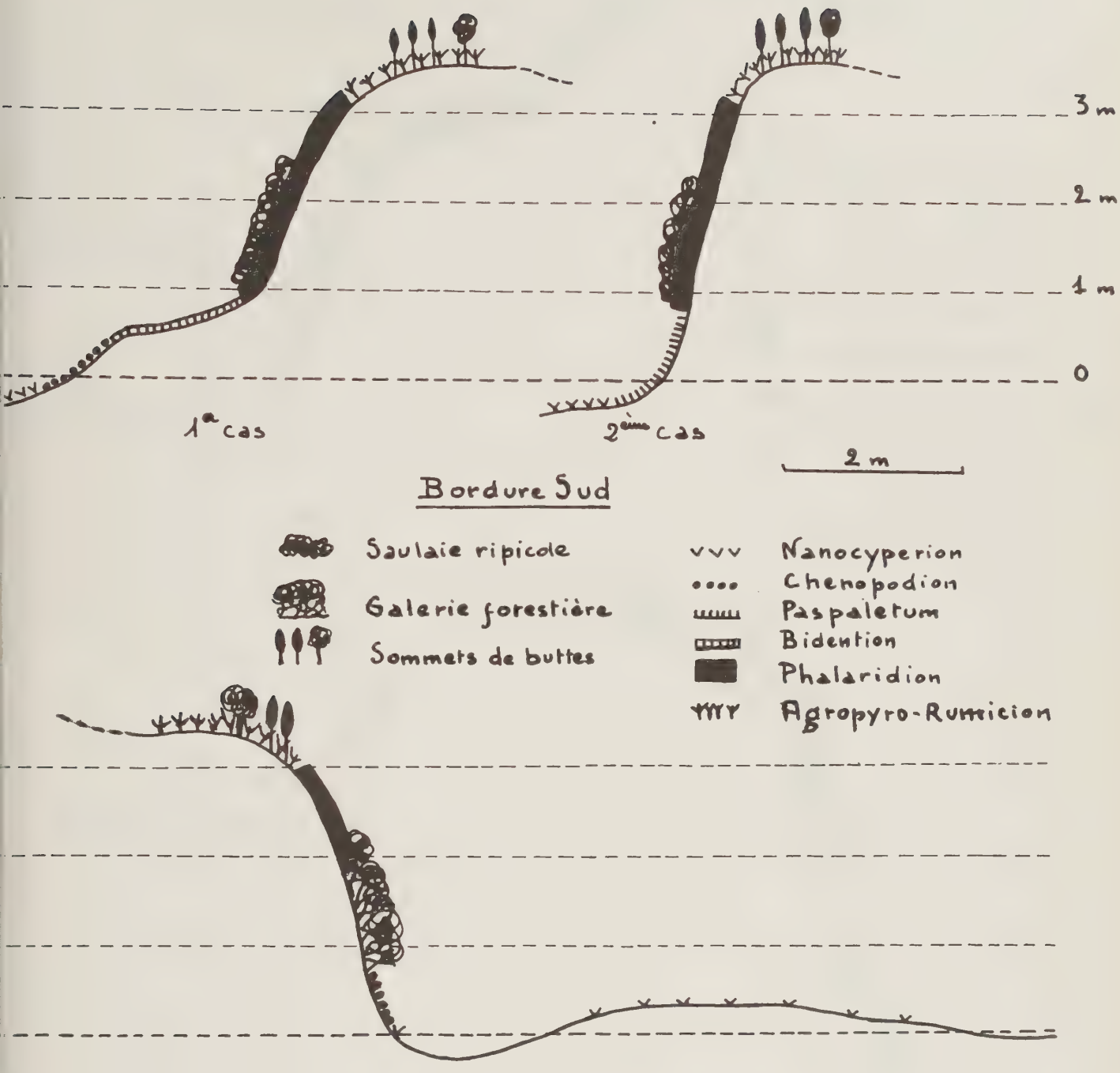



Fig. 27 St-Jean-de-la-Croix

Groupements des bordures

et transects

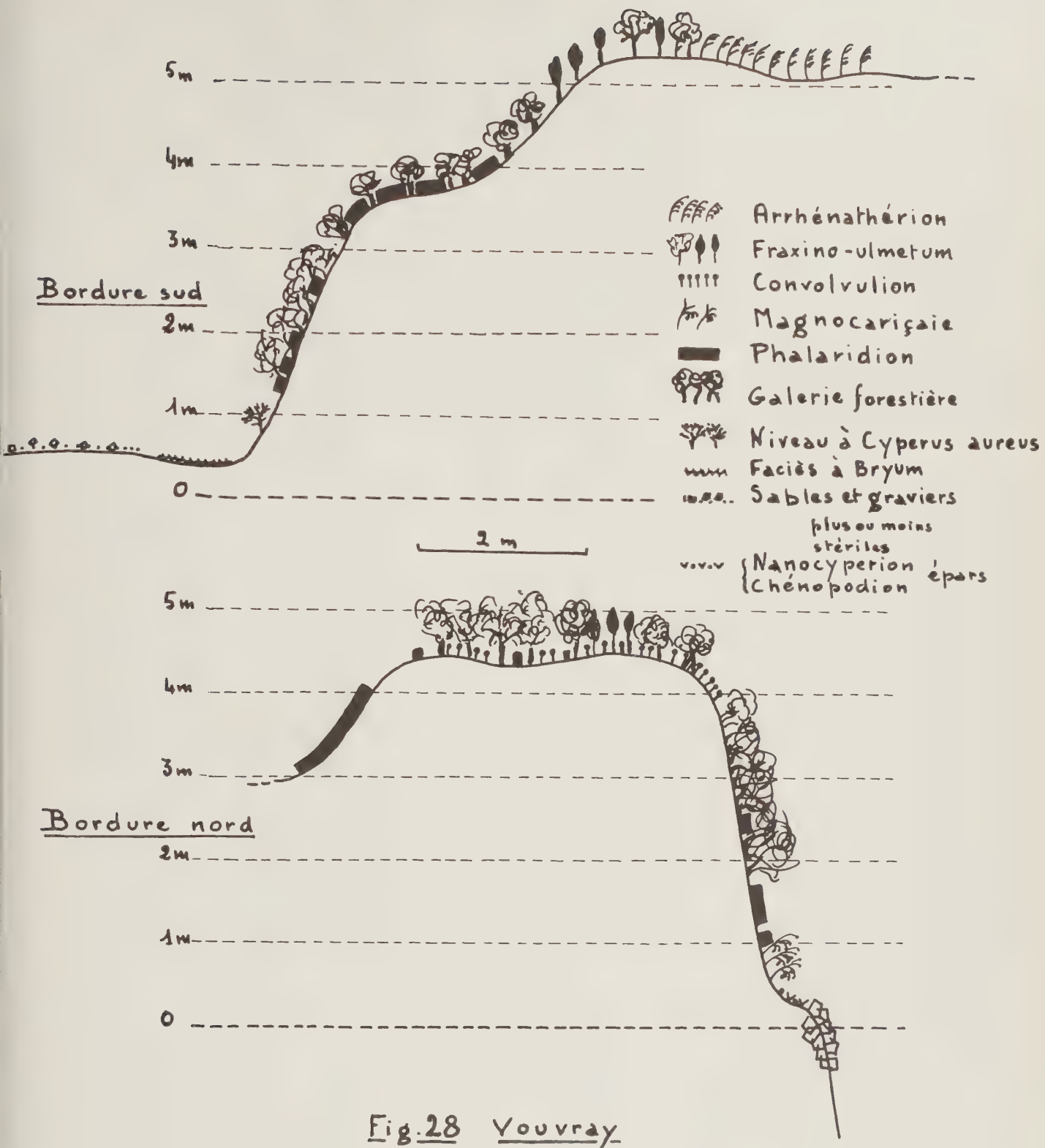



Fig.28 Vouvray

Groupements des bordures

et transects

*Classe des Phragmitetea* Tx. et Preisg. 1942

*Ordre des Phragmitetalia* W. Koch. 1926

*Alliances*

| *Phragmition* Br. Bl. 1931 | *Glycerieto-sparganion* Br. Bl. et Siss. 1942 | *Magnocaricion elatae* W. Koch. 1926 | *Phalaridion* J.M. Géhu 1972 |
|---|---|---|---|
| "Stations où le niveau d'eau est assez élevé même pendant la saison sèche" (roselières) GUINOCHET 1970 | "le long des rivières et des fossés à eau courante propre et assez profonde" GUINOCHET 1970 | "rivières à cours lent" GUINOCHET 1970 | en bordure de rivières ou d'eaux mobiles, groupement "hors d'eau" temporairement et sur atterrissements ancien |
| *Scirpo-phragmitetum* W. Koch. 1926 | | *Magnocaricetum ripariae* ? | *Phalaridetum arundinaceae*. Libbert 1931 |
| dans les zones d'atterrissement de la marge des cours d'eau. | | sur substrat rocheux en voie de colmatage et au niveau de l'étiage. | entre 0,50 m et 3,00 au dessus de l'étiag |

Faciès à
*Baldingera arundinacea*°

= ss. ass.
*Phragmitetum phalaridosum* Tx.
= association
*Phalaridetum arundinaceae*
Libb. 1931
Oberdorfer 1957

° Baldingera arundinacea (L.) Dum. (=Phalaris arundinacea L.).

### 2.2.4. Les groupements des zones exondées.

#### 2.2.4.1. Les différents groupements :

Le quatrième niveau correspond à la partie supérieure des deux îles et n'est submergé qu'au moment des fortes crues d'hiver ou de printemps (plus de 3 m à Vouvray et à St-Jean).

L'aspect de la végétation y est très varié, ce qui s'explique par la présence d'un relief assez accidenté formé de buttes, de larges couloirs internes et de dépressions qui témoignent à la fois de l'action du courant et de l'évolution des îles : buttes témoins des digues transversales en pierre, de Vouvray, buttes témoins et restes de chenaux avant la fusion des îlots primitifs, à St-Jean (voir première partie, fig. 18 et 23, et ci-dessus fig. 27 et 28).

Nous avons rapporté les formations végétales rencontrées à quatre types principaux :

- galeries forestières basses en bordure du fleuve ou des chenaux internes.
- végétation forestière des sommets de buttes.
- fourrés à grandes herbes.
- prairies mésophiles.

##### 2.2.4.1.1. Les galeries forestières basses en bordure du fleuve ou des chenaux internes.

Localisée en bordure des îles, cette végétation, que l'on peut qualifier à la suite de P. JOVET (1949), de "Saussaie d'atterrissement fluviatile", forme une frange presque continue le long des berges et à leur sommet. De nombreux Saules arrachés par le courant et entraînés en bas de pente repartent de souche et forment des fourrés difficilement pénétrables.

Cette Saussaie abrite, à la strate inférieure, de nombreux éléments du *Bidention* auxquels se substituent le *Paspalum distichum* principalement sur la rive sud de l'île de St-Jean-de-la-Croix (cf. § 2.2.3.2.1.), et des plantes de la roselière à *Phalaris arundinacea*, tandis qu'au niveau supérieur les espaces libres sont occupés par une pelouse à *Agropyrum campestre*.

La strate arbustive et arborescente (recouvrement 80 à 100 %) est essentiellement constituée par ordre d'importance de *Salix alba*, *Salix viminalis*, *Salix triandra* ; les autres Saules, *Salix fragilis* et *Salix purpurea* sont beaucoup plus rares. L'Aulne est absent. A la limite supérieure, *Acer negundo*, *Fraxinus angustifolia* et quelques Peupliers du groupe nigra s'installent et annoncent le groupement suivant.

La strate herbacée est assez pauvre, les espèces héliophiles étant très rapidement éliminées dans le sous-bois. Outre les éléments du *Bidention* qui apparaissent en bordure par place et en peuplements exclusifs (voir ci-dessus), nous avons dressé dans les deux îles la liste suivante, sans que l'on puisse affirmer avoir noté la totalité des espèces représentées à ce niveau. Sur les îlots en bordure du fleuve (Vouvray), cette strate est essentiellement formée avec : *Lysimachia vulgaris, Scrophularia aquatica, Urtica dioica* et *Rubus caesius* qui s'installent à partir de 1,00 m au-dessus de l'étiage. Sur les îles plus agées il faut ajouter *Solanum dulcamara, Calystegia sepium, Lycopus europaeus, Erysimum cheirantoïdes, Thalictrum flavum, Chrysanthemum vulgare, Chenopodium opulifolium...* Les "trous de lumière" sont très souvent colonisés par les Graminées, *Eragrostis pilosa* et *Poa palustris*, auxquels s'adjoignent quelquefois des éléments du *Chenopodion*.

2.2.4.1.2. La végétation forestière des sommets de buttes.

La végétation forestière interne occupe une grande partie de la superficie des deux îles (11). Le peuplement y est dense mais toujours irrégulier avec de nombreuses lacunes. En raison des variations de relief qui peuvent atteindre 2 et 3 m, l'ensemble a un aspect touffu, chaotique avec des essences de taille très variable, au point que l'on peut parler de "forêt multistrate" au sens où R. CARBIENER (1970) l'a décrite pour le lit majeur du Rhin au niveau du fossé Rhénan. A sa suite nous distinguons pourles îles de la Loire : deux strates arborescentes, deux strates arbustives, une strate de lianes, une strate ligneuse basse et une strate herbacée.

La strate arborescente élevée (arbres de 10 à 20 m et plus ; recouvrement de 70 à 80 %), est constituée principalement de deux essences, *Populus nigra* s.l. (12) et *Salix alba*. Le premier colonise en peuplements presque monospécifiques les sommets de buttes (ex: buttes pierreuses de Vouvray sur les restes de digues transversales) ; ce sont des arbres de haute taille qui semblent avoir atteint leur dimension maximale. Les Saules sont plus fréquents sur les bordures et atteignent également des dimensions imposantes. Les autres essences sont par ordre d'importance décroissante : *Quercus pedunculata, Ulmus campestris* et *Fraxinus excelsior*.

La strate arborescente moyenne (arbres de 5 à 10 m ; recouvrement 10 à 15 %), est constituée des mêmes essences auxquelles s'ajoutent *Acer negundo, Acer platanoides, Acer pseudoplatanus, Robinia pseudo-acacia, Juglans*

(11) Nous évaluons cette occupation à 50% de la superficie.

(12) Sur la détermination de certains Peupliers voir ce qui a été dit au § 1.3.2.

*regia* et *Aesculus hippocastanum*, ces deux derniers en quelques exemplaires seulement (végétation atypique introduite dûe à la proximité des villes).

La strate arbustive élevée (arbustes de 3 à 6 m ; recouvrement de 5 à 10 %), est représentée par *Evonymus europaeus*, *Ligustrum vulgare*, *Sambucus nigra*. Nous n'avons pas trouvé *Rhamnus frangula*, arbuste caractéristique de la Chênaie en voie d'installation mais sa présence est possible.

La strate arbustive basse (arbustes de 2 à 3 m ; recouvrement 15 à 20 %), contient de nombreux jeunes Saules et Peupliers auxquels se joignent des épineux, *Rosa canina* et *Crataegus monogyna* ainsi que *Cornus sanguinea*.

Les lianes occupent une place importante dans le sous-bois. *Humulus lupulus* et *Clematis vitalba* forment par place des fourrés très denses à recouvrement de plus de 70 %. Il en est de même pour *Parthenocissus tricuspidata* à St-Jean-de-la-Croix dont l'implantation est extrêmement localisée. *Hedera helix* est abondant un peu partout mais en particulier sous la Chênaie dont le sous-bois, très pauvre, se réduit à un tapis de lierre.

La strate ligneuse basse occupe surtout les bordures ensoleillées où le peuplement arborescent est très réduit. *Rubus caesius* en est l'essence dominante, souvent exclusive ; on rencontre également mais par pieds isolés *Ribes rubrum*. (Recouvrement total estimé de 15 à 20 %)

La strate herbacée (recouvrement de 40 à 80 % selon les endroits), est assez pauvre, un peu moins toutefois dans les zones plus ensoleillées. Il s'agit d'espèces banales des sols sableux légèrement calcaires, eutrophes et bien nitrifiants ce qui est le cas de toutes les surfaces soumises à des inondations périodiques. La liste suivante n'est pas exhaustive ; elle devrait être complétée par les espèces de printemps dont seules quelques géophytes ont été mentionnées. Par ordre d'abondance nous rencontrons : *Alliaria petiolata*, *Glechoma hederacea*, *Urtica dioica*, *Cucubalus baccifer*, *Ficaria verna*, *Chrysanthemum vulgare*, *Galium aparine*, *Vinca minor*, *Calystegia sepium*, *Stellaria holostea*, *Artemisia vulgaris*, *Cardamine impatiens*, *Verbascum thapsus*, *Veronica chamaedrys*, *Euphorbia cyparissias*, *Euphorbia esula*, *Arum maculatum*, *Betonica officinalis*, *Berteroa incana*, *Impatiens glandulifera* ...

2.2.4.1.3. Les fourrés à grandes herbes.

Ces formations prennent dans certaines zones une extension considérable. Situées généralement près des rives mais en arrière de la Saussaie,

elles sont constituées essentiellement par *Rubus caesius* et *Urtica dioica*. Leur épaisseur de près de deux mètres sur une distance qui peut atteindre plus de cent mètres en fait des fourrés impénétrables. Il semble bien que cette formation n'est qu'une variante du groupement décrit au paragraphe précédent et dont l'exhubérance aurait empêché tout développement arbustif.

2.2.4.1.4. Les prairies mésophiles ou mésohygrophiles.

Certaines parties des îles, plus drainées et subhorizontales ne renferment que de très rares espèces arborescentes, généralement des Peupliers ou de jeunes Chênes pédonculés. Il s'installe alors une prairie dense à *Arrhenaterum elatius*, formation très fermée qui ne laisse que peu de place aux autres herbacées. Nous avons cependant pu noter, *Glechoma hederacea*, *Arctium lappa*, *Alliaria petiolata*, *Berteroa incana*, *Conium maculatum*. La pauvreté et la monotonie du tapis végétal s'explique semble-t-il par l'époque des observations (juillet à octobre) ; à ce moment la croissance des Graminées à empêché puis étouffé les autres espèces.

Au niveau inférieur nous retrouvons la prairie à *Agropyrum campestre* qui précède la roselière à *Phalaris arundinacea* ; ces deux groupements pouvant pénétrer assez profondément à l'intérieur des îles à la faveur d'un abaissement du relief du terrain.

2.2.4.2. Tableaux de relevés.

2.2.4.2.1. Les galeries forestières basses en bordure du fleuve ou dans les chenaux internes.

La végétation a été rapportée à l'association du *Salicetum triandrae*, G. Malcuit, 1929, et les tableaux élaborés (annexe 8) à partir de la liste établie par J.M. GEHU (1961).

Dans ce tableau nous avons mis en parallèle la liste de G. MALCUIT, celle de J.M. GEHU réduite au seul relevé n° 1, un relevé fait à Vouvray en 1970 sur une île isolée et un relevé pris à St-Jean-de-la-Croix en 1972 sur l'île amont.

Les caractéristiques écologiques des stations semblent analogues : il s'agit dans tous les cas de relevés exécutés "sur des îlots d'atterrissement déjà occupés par la Saulaie et mouillés au moment des crues" (G. MALCUIT,

1929, p. 140) ; "dans des vallées balayées par le flot des inondations" (J.M. GEHU, 1961, p. 264) ; situations qui se retrouvent dans les deux stations ligériennes.

2.2.4.2.2. La végétation forestière des sommets de buttes.

Le tableau présenté (annexe n° 9) compare le *Fraxino-Ulmetum*, Oberdorfer 1953, décrit dans la vallée du Rhin par R. CARBIENER (1970), avec celui de la vallée de l'Aar (H. HELLER, 1969) et avec un relevé général regroupant quatre listes réalisées en divers points de l'île de Vouvray et dans des groupements qui nous ont paru analogues en ce qui concerne le niveau par rapport à l'étiage, la physionomie et la composition globale de la végétation. Dans ce dernier relevé comme dans les deux autres on a simplement indiqué par une croix la présence des espèces.

La présentation du tableau qui est ici axée sur l'aspect physionomique de la "forêt multistrate" suit celle de R. CARBIENER.

2.2.4.2.3. La végétation herbacée.

Nous avons regroupé sur un même tableau (annexe n° 10) quatre relevés correspondant à des formations herbacées observées sur des surfaces découvertes de plus ou moins grande importance. Des trois relevés faits à Vouvray, deux (les n° 2 et 3) correspondent à la strate herbacée du groupement décrit physionomiquement sous le nom de "Végétation forestière des sommets de buttes" ; le n° 4 correspond à la prairie qui lui fait suite dans les zones plus élevées et par conséquent moins humides, cette prairie mésophile étant dominée par *Arrhenatherum elatius*.

A St-Jean l'Arrhenatheraie est absente ; elle est remplacée sur les sommets des berges par une formation herbacée dominée par *Agropyrum campestre* (relevé n° 1) qui fait suite topographiquement au groupement à *Phalaris arundinacea*.

2.2.4.3. Remarques phytosociologiques.

En dépit d'une apparence extrêmement chaotique et irrégulière, il semble que l'on puisse rapporter les formations végétales rencontrées à quatre groupements principaux (ceci sous réserve d'observations ultérieures plus complètes).

A la strate inférieure les végétations galeries ou Saussaie ripicole, forment un groupement d'apparence homogène en raison de la présence d'une espèce dominante *Salix alba*. Les espèces herbacées du sous-bois sont peu nombreuses, sans doute en raison des conditions écologiques sévères, inondations, affouillement des berges, réduction de lumière (13). L'ensemble peut être rapproché du *Salicetum triandrae* décrit par G. MALCUIT (1929) dans les Vosges méridionales. En effet malgré la pauvreté relative du nombre d'espèces et l'absence de l'Aulne qui s'accommode mal des vallées soumises aux inondations, la composition floristique, bien que moins riche, est voisine de celle des relevés des vallées de la Lanterne et de ses affluents (G. MALCUIT p. 140) et de celle du *Salicetum triandrae* décrit par J.M. GEHU dans la vallée de la Sambre (J.M. GEHU 1961 p. 264-265). Cette association est rattachée à l'alliance de l'*Alno-Ulmion* Br. Bl. et Tx. 1943 (= *Alno-Padion* Knapp. 1942), à l'ordre des *Fagetalia silvaticae* Paw 1928 et à la classe des *Querco-Fagetea* Br. Bl. et Vlieger 1937. Parmi les études récentes signalons les travaux de G. PAUTOU et coll. (1972) qui mentionnent dans les îles du Rhône un niveau à *Salix alba* et *Carex acutiformis* rattaché ici au *Salici-populetum*, et ceux de P.N. FRILEUX et G. JOUVE (1973) qui ont décrit également un *Salicetum triandrae* dans les Saulaies des îles de la Seine entre Elbeuf et Rouen.

*Agropyrum campestre* est une espèce caractéristique de l'*Alno-Ulmion*. Il se situe au sommet des berges bien drainées dans les trouées du *Salicetum triandrae*. Sa présence abondante en compagnie d'*Euphorbia esula*, *Artemisia vulgaris*, *Aristolochia clematitis*, *Aster praealtus*, *Chrysanthemum vulgare*, *Saponaria officinalis*, toutes espèces héliophiles, nous inciterait à en faire peut-être, plus qu'une simple variante du *Salicetum triandrae*, un groupement qui assurerait la transition avec les végétations arborescentes du niveau supérieur et qu'on pourrait rapprocher de l'*Agropyro-Rumicion crispi* Nordhagen 1940 (cf. M. GUINOCHET 1970, p. 97).

Faisant suite topographiquement à la Saussaie ripicole, la végétation de la strate supérieure pourrait être assimilée à l'Aulnaie peupleraie à grandes herbes décrite par G. LEMEE (1938) sous le nom d'*Alneto-macrophorbietum*. Cependant la similitude de la composition floristique et les conditions

(13) KÁRPATY et SZAKÁLY (1966) ont mesuré le facteur lumière dans le *Salicetum triandrae* d'une île du Danube ; il est égal à 30 % du rayonnement direct sous un feuillage dense.

écologiques comparables nous incitent plutôt à rapprocher ce groupement du *Fraxino-ulmetum* Oberdorfer 1953 rebaptisé *Querco-ulmetum minoris* en 1967 et qui correspond à un "groupement forestier qui couvre les levées et terrasses inondées seulement lors des crues importantes et pendant quelques jours à quelques semaines par an" (R. CARBIENER, 1970). En effet ainsi que l'a souligné R. CARBIENER (pp. 97 et ss.), la caractéristique du *Fraxino-Ulmetum* est la double irrégularité horizontale et verticale du couvert végétal, irrégularité horizontale dûe aux arbres morts et à une inhibition de la régénération arborescente en raison de l'extraordinaire vitalité et densité des buissons et des haies, irrégularité verticale dûe à la taille variable des composants. C'est l'aspect constant que nous avons observé dans ces deux îles sur lesquelles la pression anthropique - paturages animaux en particulier - est très faible ce qui donne à cette végétation une dynamique uniquement soumise aux facteurs climatiques et hydriques. Toutefois la composition floristique est moins riche que celle de la vallée du Rhin qui est un fleuve aux crues estivales alors que la Loire a ses hautes eaux en hiver ou au début du printemps. Le *Fraxino-Ulmetum* des vallées tourangelle et angevine pourrait être aussi rapproché des descriptions données pour les forêts riveraines de l'Elbe dans la plaine tchèque (NEUHAUSLOVA 1965) ou de celles de l'Aar (H. HELLER 1969).

Par ailleurs, la présence constante de *Fraxinus angustifolia*, espèce laté-méditerranéenne subatlantique, et de *Acer negundo*, espèce introduite que l'on peut considérer comme subspontanée dans le Val, et qui est, d'après R. CARBIENER (1970, p. 97), une espèce abondante dans les forêts alluviales des affluents cévenols du Rhône, donne à ce groupement une couleur méridionale qui permet de le mettre dans l'alliance de l'*Alno-Ulmion*, alliance qui se rencontre dans la région méditerranéenne où elle se localise dans la partie septentrionale de l'aire du *Populion-albae* (TCHOU 1948-1949 p. 21).(14)

Au même niveau, mais dans les formations ouvertes, la présence par ordre d'abondance de *Cucubalus baccifer*, *Alliaria petiolata*, *Aster praealtus*, *Cuscuta europaea* sur *Urtica dioica*, *Galium cruciata*, *Myosoton aquaticum*, *Rubus caesius*, *Saponaria officinalis* et *Phalaris arundinacea*, permet de caractériser un autre groupement du bord des eaux qui pourrait être rattaché au *Convolvulion*

(14) La composition floristique du *Salicetum triandrae* avec plusieurs caractéristiques du *Populion albae* (annexe 8) se rapproche aussi de cette tendance méridionale.

*sepii* Tx. ap. Oberd. 1949. (Voir annexe n° 10, relevés 2 et 3). Ce groupement est rattaché à l'ordre des *Convolvuletalia sepii* R. Tx. 1950, et à la classe des *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et R. Tx. 1950 (= *Onopordetalia* Br. Bl. et Tx. 1943, *Onopordetea* Br. Bl. 1964). Il est composé "de grandes herbes bisannuelles ou vivaces ... des talus berges et lisières des formations arbustives" (M. GUINOCHET, 1970, p. 83 et 97).

A un niveau légèrement plus élevé ce groupement passe, souvent par l'intermédiaire d'un faciès à *Rubus caesius*, à une prairie de type mésophile, Arrhenatheraie dense qui occupe la plus grande partie des surfaces découvertes (relevé n° 4 de Vouvray) et que nous avons placée dans l'alliance de l'*Arrhenatherion elatioris* Br. Bl. 1925.

Cette prairie assez bien représentée à Vouvray correspond à un stade évolué du complexe sol-végétation des alluvions de rivières et n'a pas été trouvée à St-Jean du moins aussi nettement. Cela tient sans doute à une épaisseur moindre des alluvions et à des immersions plus fréquentes. C'est pourquoi le groupement correspondant, ici, est soit le *Phalaridion* dans les zones les plus basses soit un autre groupement dominé par *Agropyrum campestre* (relevé n° 1 de St-Jean) et que nous avons rattaché à l'*Agropyro-Rumicion crispi* Nordhagen 1940. Ce sont des prairies de sols "plus ou moins compacts... subissant de grandes variations de certains facteurs du milieu (eau)", (J.M. GEHU 1973, p. 17) ; des "groupements nitrophiles, eutrophes des bords des cours d'eau sur dépôts de débris végétaux ... inondés l'hiver" (M. GUINOCHET 1970, p. 97) ; toutes caractéristiques qui correspondent à la station de St-Jean-de-la-Croix.

Enfin il nous faut ajouter ici, car nous ne l'avions pas signalé plus haut, la présence sur un sommet de butte dans l'île de Vouvray d'un peuplement de jeunes Chênes pédonculés dont nous avons estimé approximativement l'âge à une trentaine d'années. La strate herbacée très jeune était formée presque exclusivement avec *Hedera helix* et *Glechoma hederacea*.

Les formations végétales du niveau supérieur peuvent donc, ainsi que le résume le tableau ci-après, être rapportées à quatre classes phytosociologiques. De ces quatre classes, deux apparaissent comme les plus importantes, le *Querco-fagetea* dont la Chênaie pédonculée, stade ultime (?) de l'évolution du groupement dans cette région est déjà assez bien représentée dans une des deux îles (15), et la classe des *Arrhenatheretea* dont la prairie à

(15) Nous évoquerons plus longuement la question du climax dans le § 3.

*Arrhenatherum* est l'élément le plus marquant. Deux transects (fig. 29) reprennent les coupes réalisées dans chacune des deux îles. Ils essayent de montrer les rapports entre les différents groupements tels qu'ils seront définis de façon dynamique au § 3.1 et aux annexes n° 11 et 12.

*Onopordetea*
Br. Bl. 1964

*Onopordetalia*
Br. Bl. et Tx. 1943

*Convolvulion sepii*
Tx. ap. Oberd. 1949

*Querco-fagetea*
Br. Bl. et Vlieger 1937

*Fagetalia silvaticae*
Pawl 1928

*Alno-Ulmion*
Br. Bl. et Tx. 1943

*Plantaginetea majoris*
Tx. et Preisg. 1950

*Plantaginetalia majoris*
Tx. (1947) 1950

*Agropyro-Rumicion crispi*
Nordhagen 1940

*Fraxino-Ulmetum*
Oberdorfer 1953

Faciès à *Rubus caesius*

*Salicetum triandrae*
Malcuit 1929

Faciès à *Agropyrum campestre*

*Arrhenatheretea*
Br. Bl. 1947

*Arrhenatheretalia*
Pawl 1928

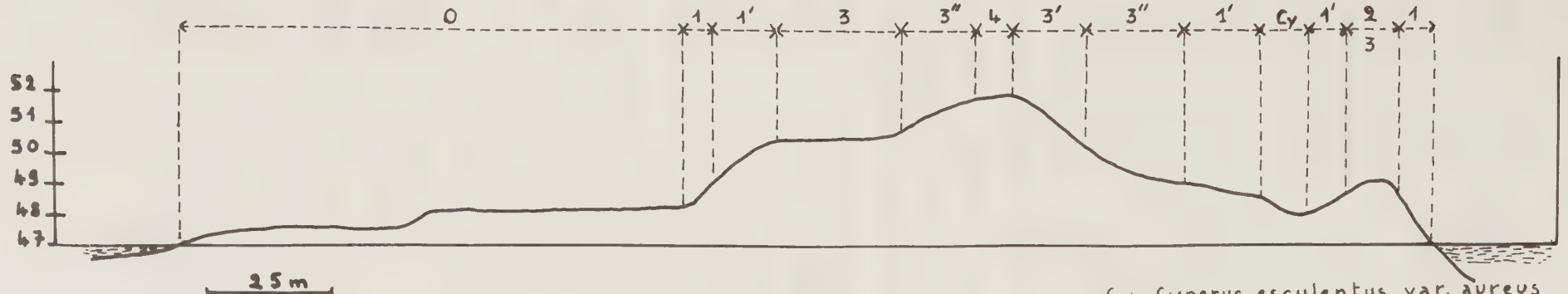
*Arrhenatherion elatioris*
Br. Bl. 1925

Groupements phytosociologiques rencontrés au niveau supérieur.

Fig. 29 : Transects

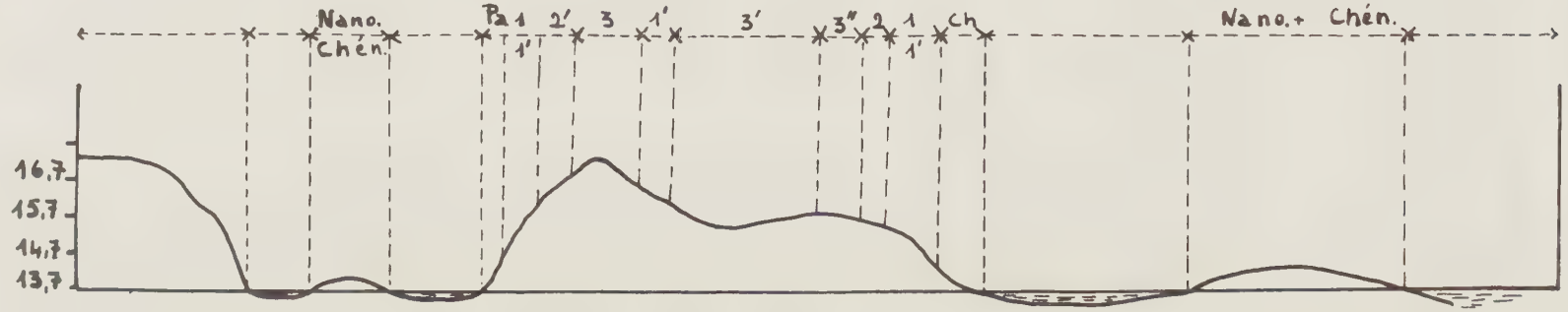
| Légende : cf. Annexe n° 12 | | Chênaie pédonculée 4 |
|---|---|---|
| Taillis à Rubus 3″ | Arrhénathéraie 3′ | Saulaie-Frênaie-Ormaie-Peupleraie 3 |
| Agropyro-Rumicion 2′ | | |
| | Convolvulion 2 | |
| Phalaridion 1′ | | Saulaie ripicole alluviale 1 |

Vouvray. Coupe suivant AB (Fig. 18)




Cy : Cyperus esculentus var. aureus
Pa : Paspaletum
Che : Chenopodion
Na : Nanocyperion
O : grève stérile

St-Jean-de-la-Croix. Coupe suivant AB (Fig 23)



## 3. *La dynamique de la végétation.*

### 3.1. Réflexions complémentaires sur la dynamique interspécifique et sur celle des associations : le climax du Val de Loire.

Ainsi que nous le disions au début de ce travail, les changements qui affectent la végétation dans les îles et sur les grèves et que l'on peut qualifier du terme général de dynamique, sont certainement un des points de vue les plus immédiatement perceptibles pour un observateur qui suit pendant plusieurs années cette évolution.

Dans les pages précédentes il a été fait allusion (§ 1.3.2.) à l'étonnante progression de certaines espèces des grèves dont la dynamique colonisatrice qui se superpose au cycle saisonnier peut, dans certains cas, aboutir au remplacement d'une espèce voire même d'une association par une autre. Rappelons parmi les exemples cités, celui du *Paspalum distichum* dont la vitesse moyenne de croissance des stolons a été évaluée à 4 cm par jour au cours de la saison estivale, et dont le mode d'occupation de l'espace - comme en une véritable nappe - a entraîné en certains points des grèves l'élimination totale de la végétation associée au *Chenopodion* et au *Bidention*.

En ce qui concerne la succession des associations nous compléterons ici ce que nous écrivions au § 2.2.2.6. sur l'évolution linéaire de la végétation.

Sur les grèves de la Loire une condition non nécessaire mais suffisante se trouve être en quelque sorte le "responsable principal" de la présence temporaire de certaines associations. Il s'agit du facteur "mobilité" qui s'applique d'une part au support matériel dans lequel s'enracinent les plantes, sable ou sol déjà constitué, et d'autre part à l'alimentation hydrique, ce qui entraîne pour les plantes des grèves une double contrainte.

Pour qu'une succession linéaire puisse commencer et se poursuivre, il est indispensable que le sol soit fixé, sinon nous n'aurons qu'une succession cyclique dont le retour périodique sera lié aux nouvelles conditions offertes à la végétation. Au niveau inférieur des grèves où la mobilité des sables est extrême et l'alimentation en eau, parfois excessive d'ailleurs, déterminante, nous nous trouvons même en présence d'une situation critique qui remet en cause toute l'évolution. Toutes proportions gardées on pourrait rapprocher cet état de choses de ce que l'on observe en certaines stations à conditions écologiques extrêmes, par exemple les associations des milieux désertiques dont le cycle végétatif à durée réduite n'est pas sans rappeler ce qui se passe au niveau du *Nanocyperion*.

La végétation pionnière, point de départ d'une succession linéaire qui dans des conditions favorables pourra être irréversible, sera donc ici soit l'association du *Cyperetum micheliani* (avec les remarques faites ci-dessus au § 2.2.2.6.), soit celle du *Corrigiolo-Chenopodietum* avec ses plantes en rosettes ou à racines profondes, bisannuelles ou vivaces à organes souterrains persistants. Toutefois on peut se demander si cette fixation est consécutive à l'enracinement des plantes ou si les espèces s'installent à ce niveau justement parce que le support a une mobilité réduite en raison de sa position plus élevée par rapport à l'étiage et un peu à l'abri de l'action érosive du courant.

Quoiqu'il en soit, le processus une fois commencé se poursuit vers l'association du *Xanthio-Chenopodietum* ou celle de l'*Amaranto-Chenopodietum* en fonction des conditions du milieu (voir tableau de la page 83). Cette dernière association conduira à son tour à celle du *Polygono-Bidentetum*.

Nous n'avons pas voulu inclure dans cette dynamique des associations le cas des Saules et des Peupliers parce que leur installation peut se faire à tous les niveaux. Toutefois, bien que pour ces espèces les remarques faites ci-dessus à propos des difficultés d'implantation du *Nanocyperion* demeurent valables (cf. § 1.3.2.), le rôle des Saules et des Peupliers dans la consolidation des grèves situées à un niveau plus élevé est loin d'être négligeable. On peut même dire qu'au bout de deux ans de présence la force des jeunes arbres qui ont à ce moment près de deux mètres de hauteur, est telle que, sauf en cas de crue exceptionnelle qui emporterait le support, cette consolidation est définitivement acquise.

En ce qui concerne la végétation associée à la formation des îles, on peut la regrouper en deux grands ensembles évolutifs qui correspondent aux deux niveaux que nous avons décrits ci-dessus : la végétation des bordures frangeantes et celle du sommet des îles (voir tableaux des pages 94 et 104).

Les bordures frangeantes ont été rattachées à l'alliance de l'*Alno-Ulmion*. L'Aulnaie est, en effet, la formation type des bordures de rivières, mais ici l'Aulne est absent en raison des conditions particulières du milieu (submersions fréquentes et sécheresses parfois prolongées) (16). Au sein de cette alliance et compte tenu des variations des facteurs écologiques qui s'échelonnent des bas de pente au sommet des rives, nous avons distingué deux au-

(16) *Alnus frangula* est présent, bien que rare, dans la partie supérieure du bassin de la Loire moyenne (J.E. LOISEAU, 1972, p. 139).

tres formations, rattachées l'une au *Salicetum triandrae*, l'autre au *Fraxino-Ulmetum*.

Le niveau inférieur et moyen des bordures est le domaine de l'association du *Salicetum triandrae*. Saulaie ripicole, galerie forestière basse, elle prend le relais du *Polygono-Bidentetum* des sommets de grèves dont elle est la suite logique lorsqu'un buteau est en construction. Cette formation souvent affouillée par l'érosion, comme en témoignent les nombreux arbres déracinés et couchés sur les rives, permet l'exhaussement des îles et assure par sa présence l'installation d'un niveau supérieur moins hygrophile dominé par les Peupliers, les Frênes et les Ormes. C'est la Saulaie-Frênaie-Ormaie-Peupleraie, forêt multistrate que nous avons rattachée à l'association du *Fraxino-Ulmetum*. Dans les trouées, la roselière sèche à *Phalaris arundinacea*, la strate herbacée du *Fraxino-Ulmetum* (association rattachée au *Convolvulion sepii*) ou, dans les endroits plus abrités, une formation à *Agropyrum campestre* (*Agropyro-Rumicion crispi*), apparaissent comme témoins de variations locales du milieu.

Au sommet des îles, la forêt de Chêne pédonculé semble l'aboutissement normal de l'évolution de la végétation forestière. On sait, en effet, que le Chêne pédonculé s'implante préférentiellement dans les fonds de vallée ou dans des zones parfois inondées une partie de l'année (R. CORILLION, 1971).

La composition floristique de la Chênaie a été décrite à plusieurs reprises en Bretagne occidentale (J.M. GEHU, 1963), en Basse Normandie (M. PROVOST, 1968) et en Mayenne (R. CORILLION, 1951). Dans les îles étudiées, seule la strate arborescente et arbustive était bien représentée, l'époque des relevés étant trop tardive pour permettre de retrouver les herbacées où apparaissaient seulement *Hedera helix* et *Glechoma hederacea*. S'il n'existe guère en peuplements importants (à part le cas de Vouvray), le Chêne est cependant présent partout, au sommet et en bordure des rives ou sur les sommets de buttes plus drainées, à l'état arbustif et en mélange avec les autres essences. Il semble résister à la concurrence et à la croissance plus rapide du Peuplier. La prairie à *Arrhenatherum* occupe à ce niveau d'assez grandes surfaces. Elle pourrait s'être installée dans des clairières artificiellement provoquées par l'abattage des Peupliers. Sa composition floristique nous a paru très pauvre et le seul relevé réalisé à Vouvray (annexe n° 10) rend compte très imparfaitement des caractéristiques de cette formation.

Une question ici se pose. Quel est le stade ultime de l'évolution de la végétation, c'est-à-dire le climax, sur les îles et par extension dans le Val de Loire ?

L'ensemble du Val de Loire comprend le lit mineur, celui où coule le fleuve, et le lit majeur, celui que remplit le fleuve au moment des plus fortes crues. On sait que l'inondation commence vers 3,50 m au dessus de l'étiage, ce qui est le niveau moyen des berges en Touraine et en Anjou. C'est aussi le niveau moyen du sommet des îles de Vouvray et de St-Jean-de-la-Croix. Dans les deux cas le sol est constitué par un matériel alluvial qui repose sur une nappe phréatique à niveau variable et qui peut être soumis périodiquement à des submersions de plus ou moins longue durée. Un simple parcours dans le Val entre les Ponts-de-Cé et Juigné-sur-Loire par exemple, ou encore entre les Rosiers et Beaufort-en-Vallée, montre que le Frêne oxyphylle, l'Orme et le Saule sont les essences dominantes. La présence humaine a fait de cet ensemble alluvial une sorte de bocage formé de haies et de fourrés séparant des prairies mésohygrophiles ou des cultures de primeurs. Le Chêne pédonculé est rare sinon absent. Nous n'avons pas fait de relevés dans cette formation bocagère mais il est probable que nous y retrouverions les mêmes éléments que ceux qui ont été observés dans la Frênaie-Ormaie-Saulaie du niveau supérieur des îles. A Vouvray en particulier, la forêt multistrate que nous avons décrite ci-dessus et rattachée au *Fraxino-Ulmetum*, est à son développement optimum. Il semble bien que nous nous trouvons ici en présence d'une végétation rendue à son stade ultime d'évolution, formation qui pourrait nous donner une idée de ce qu'était la forêt primitive dans le Val de Loire.

Une distinction reste cependant à faire. La comparaison des trois relevés du *Fraxino-Ulmetum* (annexe n° 9) montre que celui de la vallée du Rhin (C) est caractérisé par la présence du Frêne élevé. *Fraxinus angustifolia* n'est présent que dans le relevé du Val de Loire ; cette espèce, vicariante du *Fraxinus excelsior* et localisée à la Loire et à ses affluents, devient ainsi espèce différentielle de l'association du *Fraxino-Ulmetum*, ce qui pourrait peut être permettre de faire du groupement du Val de Loire une sous-association ou peut être même une association distincte de celle qui a été décrite dans les vallées du Rhin et de l'Aar.

Que faut-il penser de la présence du Chêne pédonculé ? Nous avons fait remarquer plus haut que sa présence est possible dans le Val en raison de ses caractéristiques écologiques ; un peuplement de cette essence s'est

constitué sur un sommet de butte (vers 4,50 m au dessus de l'étiage) dans l'île de Vouvray. Ne faut-il pas considérer ce sommet comme un élément déjà hors du Val puisqu'il se trouve nettement au dessus du niveau moyen de la vallée ? C'est la position que nous prendrons.

Une synthèse finale regroupée sur deux tableaux (annexes n° 11 et 12) résume l'ensemble des informations recueillies sur la dynamique de la végétation ligérienne.

### 3.2. Essai de reconstitution historique.

Les réflexions du paragraphe précédent ont envisagé le dynamisme de la végétation sous l'angle physionomique et phytosociologique. Il restait à savoir si une vue plus générale, spatio-temporelle, de cette dynamique était réalisable et si, en remontant dans le temps, il était possible d'en faire, en quelque sorte, une évocation historique.

Ce travail a été entrepris à partir de photographies aériennes dont les premiers clichés, pour les deux secteurs étudiés, remontent à 1948. Nous avons pu nous procurer, jusqu'aux dates les plus récentes, un certain nombre d'autres documents si bien que c'est sur une période de plus de vingt-cinq ans qu'il est possible d'avoir une vue d'ensemble de l'évolution du couvert végétal dans ces deux parties du Val.

L'interprétation et la restitution de ces photographies nous a été facilitée par les conseils reçus au cours d'un stage effectué au Service de la Carte de la Végétation à Toulouse.

#### 3.2.1. L'île de Vouvray.

Documents utilisés :

| Origine | Date | Echelle approximative | Cote de la Loire |
|---|---|---|---|
| I.G.N. | 14/6/49 | 1/2500 | + 0,21 |
| I.G.N. | 12/3/56 | 1/2500 | + 0,66 |
| I.G.N. | 11/1/57 | 1/1700 | + 0,78 |
| I.G.N. | 8/1/66 | 1/2500 | + 2,64 |
| Ministère équipement | 6/67 | 1/5000 | 0,00 |
| I.G.N. | 29/4/69 | 1/2500 | + 0,77 |

Les documents ont été redessinés à l'échelle du 1/5000 et regroupés autour de quatre dates, 1949, 1957, 1967 et 1969 (fig. 30, 31, 32 et 33).

Commentaire :

En ce qui concerne la formation de l'île, la comparaison de l'ensemble des documents montre à l'évidence que l'ensablement a été favorisé par la construction des épis.

Si la surface des grèves ne semble pas avoir augmenté sensiblement depuis 1949, sauf peut-être dans la partie amont, par contre l'évolution à l'intérieur de l'île apparaît assez nettement et montre un exhaussement continuel.

En 1949, les deux épis sont encore séparés bien que déjà reliés par une bande de sable en partie submergée (17). De plus, il s'est déposé, le long de la bordure interne de la digue parallèle au courant, une longue coulée de sable ; cette coulée encore recouverte par l'eau à la cote de 1957 (0,78), ne l'est plus en 1969 (cote 0,77), et les deux îles initiales ont fusionné. Enfin remarquons la formation d'une petite île sur la grève sud. Inexistante en 1949, elle n'a cessé de croître depuis 1957 et atteint en 1974 la hauteur moyenne de l'île principale soit environ 3,50 m.

La croissance de la végétation a suivi étroitement cette formation en s'établissant d'abord sur les parties les plus hautes. Il semble bien, en effet, que dès le début les digues ont été très vite colonisées par des arbustes sans doute des Saules, si on se réfère à ce qui se passe un peu partout dans le Val au niveau des épis qui subsistent çà et là. C'est aussi ce que l'on observe sur la photographie de 1945 où la bordure nord de l'île constituée par les branches horizontales des deux T est recouverte par une végétation de Saules au développement encore limité. Il n'en est pas de même sur les parties internes où la végétation a colonisé à la fois les digues et le sable accumulé entre elles. Sur les digues le peuplement est ouvert, formé d'arbustes accompagnés de quelques arbres ; il s'agit sans doute de Saules avec des Peupliers en mélange. Sur le sable l'ensemble apparaît au contraire très touffu, en massifs, et beaucoup plus développé que sur les digues en raison peut-être d'un sol et sous-sol plus favorables à la croissance.

(17) Chaque épi avait la forme d'un T dont la base s'ancrait fortement à la rive sud. Les digues en moellons de tuffeau avaient deux mètres de largeur au couronnement sur un mètre de hauteur. Une circulaire du 15 octobre 1849 décidera de leur arrasement à 0,60 m (Gu. 1881/62). Nous ne savons si cette décision a été exécutée.

Quant à la végétation herbacée elle n'a pas à cette date un développement important ; seules quelques taches sont visibles. Est-ce dû au fait que l'île encore trop jeune (?) n'a pas un niveau suffisamment hors d'eau pour permettre l'installation d'une prairie permanente, ou bien faut-il en rechercher l'explication dans le processus même de colonisation qui a commencé par les formations arbustives ?

Quelques années plus tard (photographie de 1957), bien que la prise de vue ait été faite à une époque où la cote de la Loire était assez haute (0,78), les deux îles sont presque réunies et le processus de colonisation nettement plus avancé, aussi bien sur la bordure nord que dans les zones plus internes.

La photographie de 1967 donne une assez bonne idée de l'emprise de l'île et des grèves lorsque la Loire est à sa cote d'étiage. C'est à peu près l'aspect que nous avions lors des étés 1970 à 1974. Plus en aval une troisième île se forme à partir d'un autre épi ; la jonction avec l'île aux Hoplias est possible.

Enfin le dernier document présenté, à partir d'une photographie de 1969, montre que l'extension de la végétation se poursuit vers un stade où ce sera une formation de type forestier qui couvrira l'ensemble de l'île.

Fig. 30

Etat de la végétation en 1949

Fig. 31

Etat de la végétation en 1957

Fig.32

Etat de la végétation en 1967

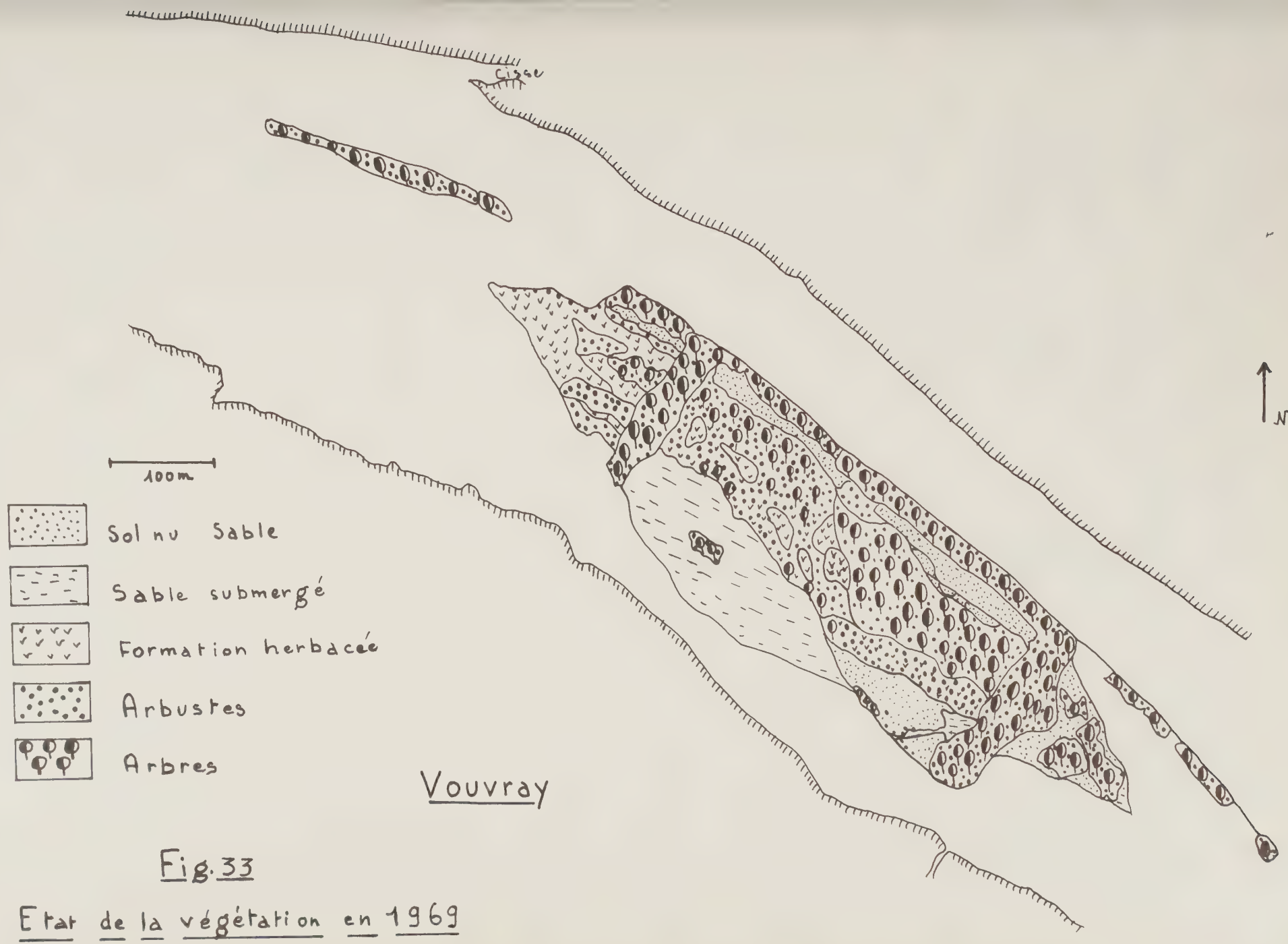



Fig. 33

Etat de la végétation en 1969

### 3.2.2. L'île de St-Jean-de-la-Croix.

Documents utilisés.

| Origine | Date | Echelle approximative | Cote de la Loire |
|---|---|---|---|
| I.G.N. | 13/6/49 | 1/3750 | + 0,67 |
| I.G.N. | 29/4/54 | 1/3000 | + 0,99 |
| Bruel-Angers | 57 | 1/6000 | |
| I.G.N. | 18/7/58 | 1/3750 | + 1,87 |
| I.G.N. | 11/6/68 | 1/3000 | + 1,12 |
| Bruel-Angers | 8/71 | 1/9000 | 0,00 |
| G.M.R. Rennes | 22/8/74 | 1/1750 | - 0,45 |

Les documents ont été redessinés à l'échelle du 1/5000 et regroupés autour de quatre dates 1949, 1954, 1958 et 1968 (fig. 34, 35, 36 et 37).

Commentaire :

L'île de St-Jean-de-la-Croix, plus récente de formation que celle de Vouvray, soumise à des crues aux amplitudes plus fortes mais sans doute moins violentes en raison de sa situation au sein d'une large vallée, a cependant subi une évolution comparable.

Entre le dernier plan de sondages daté de 1920 (fig. 22), le dessin réalisé à partir d'une photographie de 1949 et celui de 1968, le processus de construction de l'île apparaît très clairement.

Dès 1949 les deux îles encore séparées en 1920, sont reliées par une bande de sable tandis qu'en amont de nouveaux îlots se forment et seront réunis à l'île principale en l'espace de 10 ans.

En 1949, le long de la bordure sud, un jeune buteau avec quelques arbustes et une pelouse vient de s'installer ; en 1954 seuls dépassent les sommets des arbres, quatre ans après, l'île est formée et, dès 1968, sa surface a suffisamment augmenté pour qu'en 1974, à l'époque des dernières observations, elle ne soit plus séparée de l'île principale que par un étroit chenal en partie à sec à l'époque des basses eaux. Comme nous le disions précédemment, c'est dans cette partie amont occupée par une grève que l'extension de l'île semble pouvoir se faire désormais.

Le processus de colonisation par la végétation est un peu différent de celui de Vouvray. Alors que sur l'île aux Hoplias l'installation a commencé par les sommets avec une végétation d'abord arbustive puis arborescente, les formations herbacées s'étant implantées secondairement et de façon réduite, à St-Jean-de-la-Croix c'est le phénomène inverse qui paraît s'être réalisé. On

pourrait certes supposer que les vastes prairies observées à l'heure actuelle proviennent d'un abattage massif d'arbres car il y a eu effectivement quelques essais d'exploitation, l'île étant proche du rivage et accessible ne serait-ce qu'en barque. Toutefois compte tenu de l'évolution observée sur le terrain en cinq ans et sur les photographies pendant une période de plus de vingt-cinq ans, on peut dire qu'à la date de 1949, l'île vient tout juste d'acquérir une certaine stabilité et que le processus de colonisation par la végétation en est à ses débuts.

La comparaison des trois derniers documents montre, d'une façon peut-être encore plus nette qu'à Vouvray, l'extension de la végétation arbustive et arborescente aux dépens des formations herbacées jusqu'à un stade final où la forêt couvrira l'ensemble de l'île.

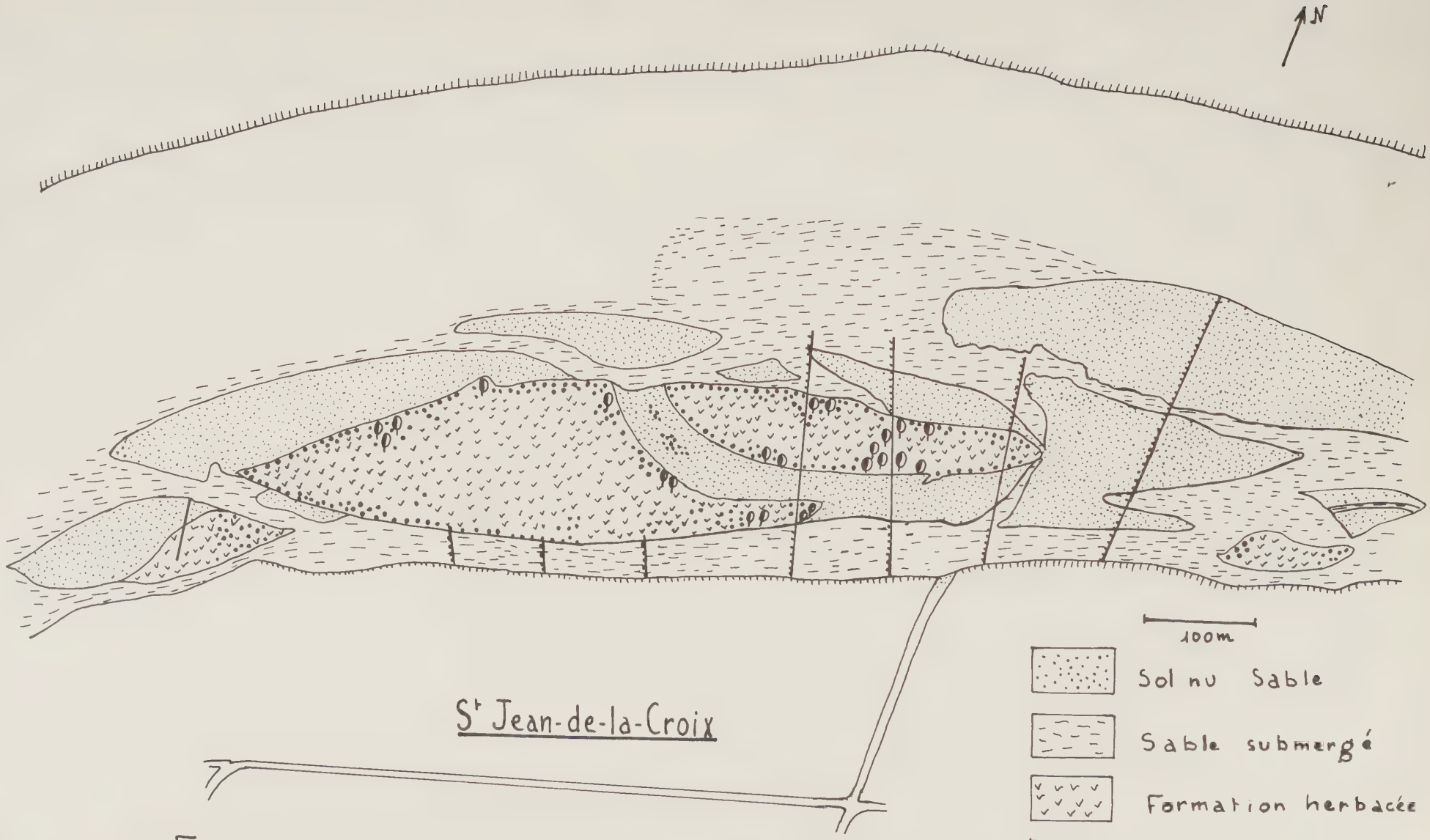



Fig.34

Etat de la végétation en 1949

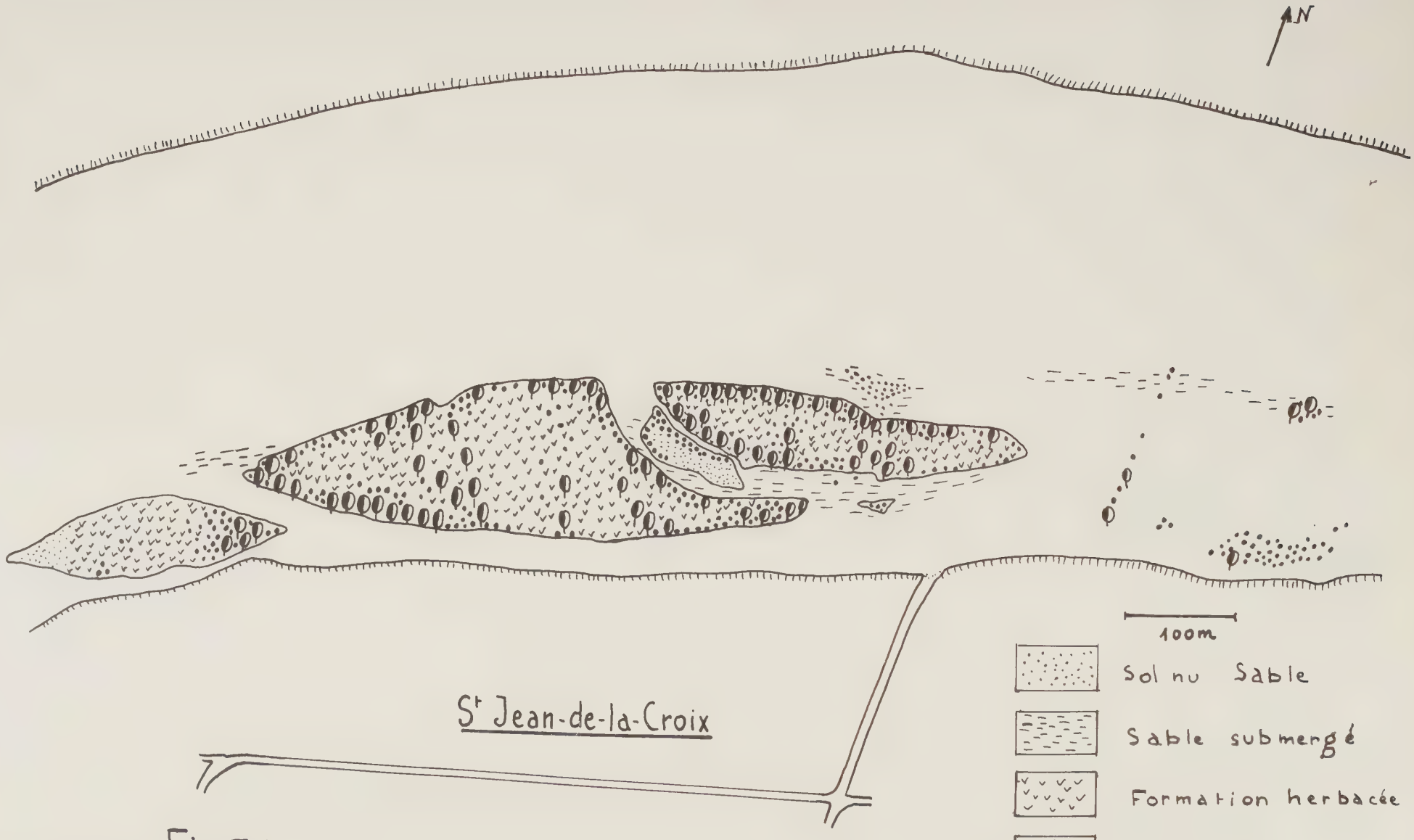



Fig.35

Etat de la végétation en 1954

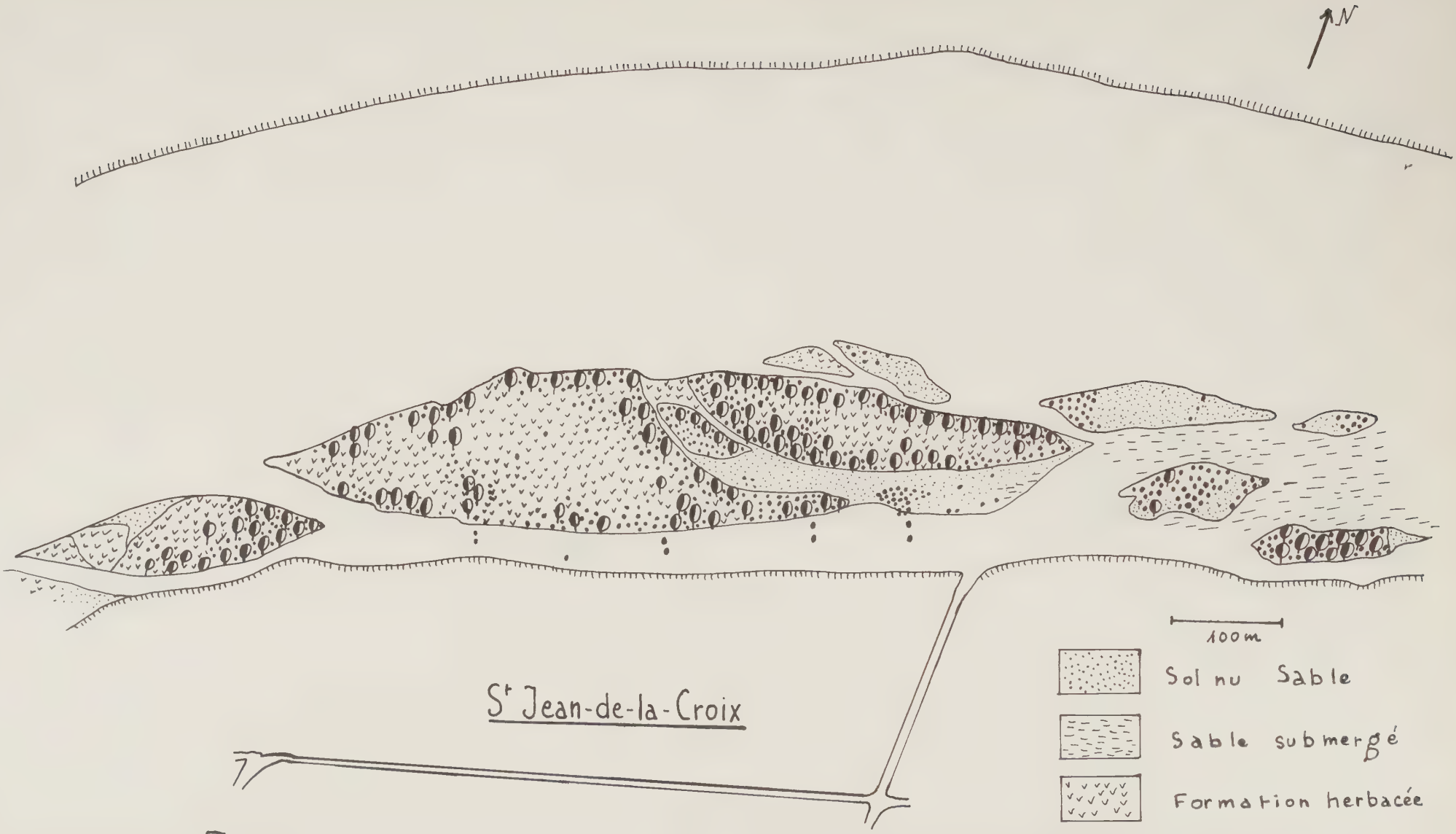



Fig.36

Etat de la végétation en 1958

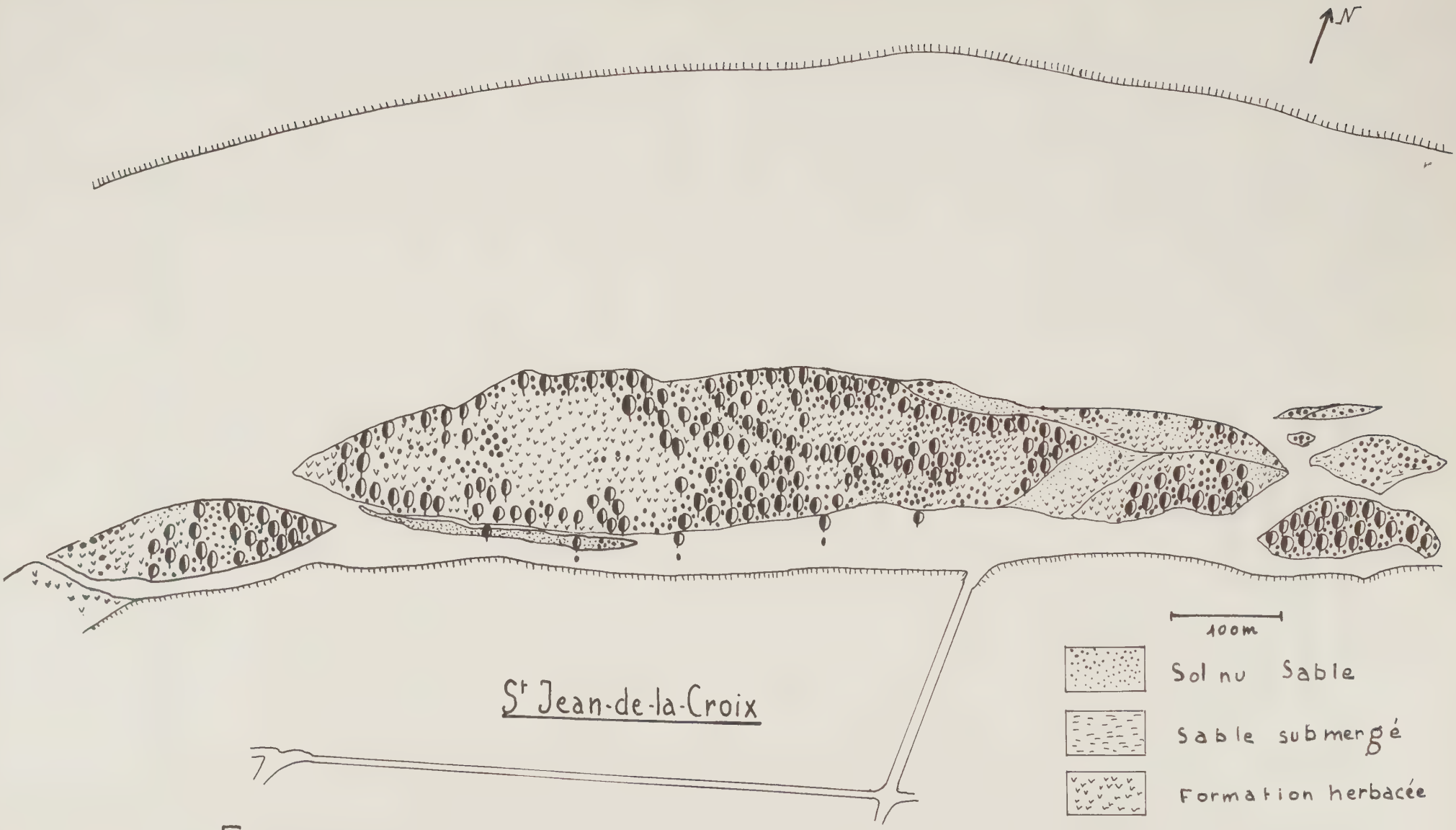



Fig. 37

Etat de la végétation en 1968

3.2.3. Remarques conclusives.

L'étude comparée des deux îles a montré que, d'un côté, des ouvrages massifs et en pierre, peu nombreux mais dépassant assez nettement le niveau d'étiage, de l'autre, des ouvrages légers, en bois, nombreux mais situés au niveau des basses eaux, ont entraîné la formation de deux îles en des sites favorables à la sédimentation. Ensuite, presque simultanément (Vouvray) ou un peu plus tard (St-Jean-de-la-Croix) la végétation est arrivée, colonisant rapidement le substrat pour aboutir à un stade d'équilibre à vrai dire instable entre un sol toujours susceptible d'être emporté par les eaux et une couverture végétale sans cesse soumise à des variations dans son alimentation hydrique.

On peut se demander combien de temps il faut à un substrat découvert pour passer à un stade forestier dans le Val de Loire. J.E. LOISEAU (1972) à la suite de J. NEHOU (1950) évalue cette période à une trentaine d'années. Nos observations en Loire tourangelle et angevine nous permettent d'affirmer qu'il s'agit d'un maximum. En particulier à St-Jean-de-la-Croix la rapidité de croissance est telle que dans les conditions actuelles, à vrai dire favorisées par l'absence de fortes crues ces dernières années, c'est en une période de vingt ans que ce processus se réalise.

Une dernière remarque concerne l'avenir. Quelle peut être la destinée de ces îles et de leur végétation ?

L'histoire des îles de Vouvray et de St-Jean-de-la-Croix a montré que, en dépit de quelques incidents, la formation des deux îles et l'évolution de leur végétation ont suivi ce qu'on pourrait appeler un cheminement naturel.

Autrefois la présence des barrages et des épis noyés faisait craindre aux riverains un relèvement du niveau des eaux et une augmentation de la fréquence des inondations. En face de cette dernière menace, toujours d'actualité, il s'agit pour les Services de la Loire d'assurer avant tout le libre passage du courant. Or les îles sont souvent un obstacle. Avec les moyens modernes de terrassement il est facile d'éliminer en quelques mois ce qui a été édifié en plusieurs dizaines d'années. Des solutions ont pu être trouvées qui assurent, dans le cas de Vouvray, la préservation d'un milieu naturel en même temps que la sécurité des riverains.

Le relèvement des étiages lié à la double nécessité de l'alimentation en eau des villes et de l'horticulture et aussi des centrales nucléaires,

pose des questions autrement plus graves. On peut se demander ce qu'il adviendra des associations du niveau inférieur en particulier du *Cyperetum micheliani*, association exclusive du Val. Elles ont de fortes chances de disparaître. Quant aux niveaux supérieurs, ne risque-t-on pas une banalisation des rives avec pour conséquence la mortalité de très nombreuses espèces d'arbres ainsi que nous avons pu l'observer en juillet 1975 sur les bords du Dniepr aux environs de Zaporoje ?

En face d'un programme "dont les défenseurs de l'environnement peuvent tout craindre", il est à souhaiter qu'une "étude complète de l'impact du relèvement des étiages sur l'environnement soit effectuée préalablement à toute enquête d'utilité publique, ce qui permettra de se prononcer en toute connaissance de cause pour ou contre le projet". (18)

(18) Déclaration de M. Paul GRANET, Secrétaire d'Etat à l'environnement, au sujet d'un projet de relèvement des étiages de la Seine (janvier 1976).

# CONCLUSION GENERALE

L'étude écologique et dynamique de la végétation des grèves et des îles de la Loire dans le Val tourangeau et angevin permet de mettre en évidence plusieurs remarques de portée générale.

Le Val de Loire est une zone où les influences atlantiques, méditerranéennes et eurasiatiques se mélangent tout en laissant le champ libre aux espèces de plus large distribution et aux migratrices de diverses origines.

La pression anthropique y a toujours été très forte comme en témoignent les tracés des anciennes voies romaines. Actuellement le Val est une zone de culture intensive où les villes et les villages se succèdent tout le long du fleuve. Il subsiste cependant encore quelques points privilégiés où la végétation naturelle demeure : ce sont surtout les grèves et les îles. Leur intérêt de ce fait n'échappe à personne, car elles représentent la végétation potentielle et permettent d'établir sur des faits observés les séries évolutives qui aboutissent à la végétation telle qu'elle a pu exister dans le Val au temps de la forêt primitive.

Nous y avons distingué deux étapes. L'une se termine avec la stabilisation éventuelle des grèves où les associations ne semblent guère pouvoir aller au-delà de ce qui est observé actuellement. On pourrait parler ici de groupements ou encore de "climax stationnels, locaux" au sens de DUCHAUFOUR (1965, p. 266). L'autre commence avec la construction des îles, que ce soit par un processus naturel ou par une intervention humaine, pour aboutir à un nouveau stade climacique dominé ici par une végétation sylvatique. Nous avons essayé de montrer l'originalité de ce groupement par rapport à ceux décrits dans d'autres vallées fluviales.

En définitive, le Val de Loire, par son climat homogène, son sol alluvio-sablonneux, son unité floristique, avec, pour le cas particulier des grèves et des îles, la perspective d'une possible remise en cause de l'évolution de la végétat[illegible] possède des caractéristiques telles qu'elles permettent de faire de cet ensemble, comme l'a écrit R. CORILLION (1954 et 1957d), "un sous-district du Val de Loire, entité phytogéographique originale et distincte des autres régions de la Basse-Loire.

# B I B L I O G R A P H I E

## Archives

Archives départementales de Nantes : archives des Ponts-et-Chaussées.

Bibliothèque municipale d'Angers : cartes et plans divers de la Loire.

Bibliothèque municipale de Tours : fonds Loire.

Bibliothèque municipale d'Orléans : fonds GUILLON. Réf. : Gu.

Services de la Loire à Angers : cartes, plans, archives, cotes de la Loire.

Services de la Loire à Tours : cartes, plans, archives, cotes de la Loire.

Cadastres des communes de :

Denée (Maine-et-Loire)

St-Jean-de-la-Croix (Maine-et-Loire)

Vouvray (Indre-et-Loire)

## Périodiques

Etudes ligériennes n° 1 à 12, Revue trimestrielle publiée par l'Association pour le Développement du Centre d'Etudes Supérieures Ligériennes. Orléans.

Bulletin de l'A.N.E.C.L.A. Mensuel édité par l'Association Nationale pour l'Etude de la Communauté de la Loire et de ses Affluents. Orléans.

## Périodiques et documents consultés

ABBAYES (H. des), 1971 - Flore et végétation du Massif armoricain, sous la direction de H. des ABBAYES. Tome I, Flore vasculaire, par H. des ABBAYES, G. CLAUSTRES, R. CORILLION et P. DUPONT. Préface de H. GAUSSEN. 1228 p. P.U.B., St-Brieuc.

AICHINGER (E.) et SIEGRIST (R.), 1930 - Das alnetum incanae der Auenwälder an der Drau in Kärten. Forst. Centralbl. 52,

AIN (G.), GILOT (B.), NEUBURGER (M.C.), PAUTOU (G.), TETARD (J.), THOMAS (J.), 1973 - Etude écologique des anciens lits du Rhône entre le confluent du Guiers et le confluent de l'Ain. Lab. Biol. Vég. Grenoble. 78 p.

ALLEIZEITE (Ch. d') et LOISEAU (J.E.), 1952 - Les *Panicum* de la Loire moyenne (Environs de la Charité-sur-Loire). Le monde des plantes, 291-292, p. 41-42.

ALLORGE (P.), 1921 - Les associations végétales du Vexin français. Rev. Gén. Bot., 33 et 34. 342 p.

ALLORGE (P.) et GAUME (R.), 1925 - Esquisse phytogéographique de la Sologne. Bull. Soc. bot. Fr., 72, Session extr. en Sologne, p. 5-59.

BABONAUX (Y.), 1968 - Le lit mineur de la Loire. Ann. Géo., 420, pp. 154-183.

BABONAUX (Y.), 1970 - Le lit de la Loire. Etude d'hydrodynamique fluviale. 252 p. Paris.

BABONAUX (Y.), 1972 - Aspects et problèmes morphodynamiques du lit de la Loire. Etudes ligériennes. N° 11, p. 21-33.

BERTHOIS (L.), 1958 - Technique de l'analyse granulométrique. C.D.U., Paris.

BERTHOIS (L.), 1959 - Etude de l'influence de la végétation sur l'ensablement du lit de la Loire. Norois, 21, pp. 19-33.

BIORET (G.), 1923 - Note sur deux plantes adventices nouvelles pour l'Anjou et l'Ouest. Bull. Soc. Et. Sc. Angers, LIII° année, p. 47-48.

BODEUX (A.), 1955 - *Alnetum glutinosae*. Mitt. Flor. Soz. Arbeitsg., N.F. Heft. 5. Stolzenau. pp. 114-137.

BOMER (B.), 1972 - Les îles de la Loire. Evolution ou stabilité. Etudes ligériennes n° 11, p. 70-80.

BOREAU (A.), 1857 - Flore du centre de la France et du bassin de la Loire. 3e éd. 2 vol. Roret, Paris.

BOREAU (A.), 1859 - Catalogue raisonné des plantes phanérogames du Maine-et-Loire. 1 vol., 216 p. Angers.

BOSSO (G.), 1965a - La vallée du Gesso et sa végétation. Webbia 20, 1-216.

BOSSO (G.), 1965b - Vue synthétique des groupements végétaux de la vallée du Gesso dans les Alpes maritimes. Allionia XI, p. 173-182.

BOUBY (H.), 1964 - Contribution à l'inventaire floristique actuel du Val de Loire. Bull. Ass. Nat. Orléanais. N° 1, XXV, p. 8-20.

BOUBY (H.), 1972 - Deux excursions botaniques réalisées en 1971. Les Naturalistes Orléanais. III° série, 3, p. 12-15.

BOURNERIAS (M.), 1949 - Quelques groupements végétaux des vallées aux environs de Chauny. Ann. Soc. Hist. Nat. Aisne., 1, pp. 1-10.

BOURNERIAS (M.), 1954 - Les forêts du Bassin Parisien. L'Aulnaie peupleraie à grandes herbes. L'information scientifique, 1, pp. 1-6.

BOURNERIAS (M.), 1968 - Guide des groupements végétaux de la région parisienne. 290 p. SEDES, Paris.

BRAUN-BLANQUET (J.), 1915 - Les Cévennes méridionales (Massif de l'Aigoual). Etude sur la végétation méditerranéenne. Arch. Sc. Phys. et Nat. Genève.

BRAUN-BLANQUET (J.), 1955 - Clé écologique pour déterminer les Classes, Ordres et Alliances phytosociologiques du Midi méditerranéen. Comm. S.I.G.M.A., 132, p. 9-16.

BRAUN-BLANQUET (J.), 1964 - Pflanzensoziologie. 3° éd. Springer-Verlag, Vienne, 865 p., 442 fig.

BRAUN-BLANQUET (J.) et MOOR (M.), 1935 - Uber das *Nanocyperion* in Graubünden und Oberitalien. Jahr. Naturf. Gesells. Graubündens, 73., 12 p. Comm. S.I.G.M.A. 39. Montpellier.

BRAUN-BLANQUET (J.) et PAVILLARD (J.), 1928 - Vocabulaire de sociologie végétale. 3° éd. Montpellier.

BRAUN-BLANQUET (J.), ROUSSINE (N.) et NEGRE (R.), 1952 - Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C.N.R.S. Paris. 297 p.

BROSSE (R.), 1968 - Localisation des sables majeurs du lit de la Loire (entre Les Ponts-de-Cé et Angers) en fonction de leur granulométrie. Norois, 58, p. 279-284.

CAILLEUX (A.) et TRICART (J.), 1963 - Initiation à l'étude des sables et des galets. C.D.U. Paris.

CARBIENER (R.), 1970 - La forêt du lit majeur du Rhin. Végétatio XX, fasc. 1-4, p. 97-148.

CASTANY (G.), 1967 - Traité pratique des eaux souterraines. Dunod. Paris.

CLAVIER (J.L.), 1966 - Inventaire des plantes de l'île de Saint-Pryvé. Les Naturalistes Orléanais, XXXII, p. 12-15 et 19-22.

CORILLION (R.), 1948 - La végétation hydrophile et hygrophile de l'Est armoricain. Thèse Université de Toulouse, 412 p. dactylographiées.

CORILLION (R.), 1948-1949 - Les associations des étangs et de leurs ceintures dans le Bas-Maine armoricain. Bull. Soc. May.-Sci., année 1948, p. 101-126 et année 1949, p. 66-73.

CORILLION (R.), 1951 - La végétation des landes tourbeuses de Malingue en Melleray (Mayenne). Bull. Soc. May.-Sci., 111-159, 8 phot., 1 pl.

CORILLION (R.), 1954 - Excursion phytogéographique dans la vallée de la Loire. Notices bot. et itin. commentés, VIII° Congr. Intern. Bot., Paris-Nice, p. 31-50.

CORILLION (R.), 1957a - Essai de synthèse phytogéographique de l'Anjou. Bull. Soc. Bot. Fr., 104, 83° session extraordinaire, 1957, p. 103-139, 3 cartes.

CORILLION (R.), 1957b - Sur la présence et les végétations du *Veronica peregrina* L. (Scrophulariacées) dans le Val de Loire angevin. Bull. Soc. Et. Sci. Angers, 1954-57, 87° année, p. 53-54.

CORILLION (R.), 1957c - Aspects de la répartition de *Fraxinus oxyphylla* M. Bieb dans le Nord-Ouest de la France. Bull. Soc. May.-Sci., p. 49-52.

CORILLION (R.), 1957d - Première esquisse d'une subdivision phytogéographique du District armoricain de Basse-Loire. Bull. Serv. Carte phytogéographique. (C.N.R.S.), série A, fasc. 1, p. 45-54.

CORILLION (R.), 1958 - Sur la présence du *Mollugo verticillata* L. (Aizoacées), à l'état spontané, dans le Val de Loire. Bull. Soc. Bot. Fr., 105, 1-2, p. 51-52.

CORILLION (R.), 1959 - Les migrations végétales en Anjou. Bull. Fédér. Soc. Savantes M.-et-Loire, p. 16-29.

CORILLION (R.), 1964a - *Ambrosia artemisiaefolia* L. (Composées, Ambrosianées), adventice en extension dans le Val de Loire. Bull. Soc. May.-Sci., p. 47-49.

CORILLION (R.), 1964b - Le genre *Bidens* L. (Composées) dans l'Est armoricain (Maine-et-Anjou). Bull. Soc. May.-Sci., p. 79-91.

CORILLION (R.), 1965 - Sur la formation, l'extension et les conditions actuelles de végétation de la zone à *Paspalum distichum* L. de la vallée de la Loire. Bull. Soc. Et. Sci. Anjou, nlle série, 92° - 94° années, 1962-1964 (paru : 1965), p. 79-84, 2 tableaux.

CORILLION (R.), 1966 - Une adventice nouvelle pour le Nord-Ouest de la France : *Bidens vulgata* Greene. Bull. Soc. Sci. Bret., XI, p. 141-143, 2 photos.

CORILLION (R.), 1967 - Sur l'extension récente de *Bidens vulgata* Greene dans le Val de Loire. Bull. Soc. May.-Sci., fasc. I, p. 20-22.

CORILLION (R.), 1971a - Notice détaillée des feuilles armoricaines. Phytogéographie et végétation du Massif armoricain, 197 p., 39 cartes. Ed. du C.N.R.S. Paris.

CORILLION (R.), 1971b - Observations sur les végétations des sables du lit mineur de la Loire en Anjou-Basse-Loire. Bull. Soc. May-Sci., années 1970-1971, p. 143-175, 7 pl. et graph., VII tableaux.

CORILLION (R.), 1972 - Le climat et la végétation en Anjou. Météorologie : Bull. annuel Commiss. Départem. M.-et-Loire, n° 22, année 1971 (paru : 1972) 4 p.

CORILLION (R.) et GRELON (J.), 1971 - *Cyperus esculentus* L. var. *aureus* (Ten.) Richter, Cypéracée nouvelle pour le Massif armoricain. Bull. Soc. May.-Sci., années 1970-1971, p. 125-127.

CORILLION (R.) et GUERLESQUIN (Mme M.), 1957 - Le climat de l'Anjou. Bull. Soc. Bot. Fr., 104, 83° session extraordinaire, p. 46-50, 2 cartes.

COSTES (H.), 1937 - Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Paris.

COUDERC (J.M.), 1967 - Contribution à l'étude des rapports entre la végétation et les cours d'eaux ligériens. Etudes ligériennes n° 1, p. 54-65.

COUDERC (J.M.), GUEDES (M.) et LE GOFF (P.), 1971 - Plantes nouvelles du lit de la Loire et du Cher tourangeaux. Lab. Géogr. Phys. et Biogéogr. Tours. 8 p. dactylographiées.

DEBRAY (M.), 1942 - *Bidens frondosa* L. et *Paspalum longipilum* Nash dans la vallée de la Loire. Bull. Soc. Bot. Fr., 89 p. 43-44.

DEBRAY (M.), 1963 - Les espèces du genre *Bidens* introduites en France. Bull. Nat. Par., 19, p. 33-50.

DELARUE ( , 1932 - Seconde étude sur la flore nivernaise (Val de Loire et canaux). Mém. Soc. Acad. Niv.

DENIZOT (G.), 1921a - Les alluvions du bassin de la Loire, de l'embouchure au bec d'Allier. Bull. Soc. Géol. et Min. Bret., 2, fasc. 4, p. 477.

DENIZOT (G.), 1921b - Notice sur la vallée d'Anjou. Bull. Soc. Et. Sci. d'Angers, LI, p. 47-52.

DENIZOT (G.), 1924 - Les sables de la Basse-Loire. Bull. Soc. Géol. et Min. Bret., 2, fasc. 2, p. 158-196.

DENIZOT (G.), 1936-1939 - Les vals de la Loire moyenne. Bull. Soc. Arch. du Vendômois., II, p. 57-94, 103-139, 147-178.

DENIZOT (G.), 1949 - id. p. 29-48.

DEVEAUX (C.L.), 1975 - Enquête sur la production des Peupliers en Maine-et-Loire. Bull. Vulg. Forest. 75/1.

DIEMONT (H.), DOOR (W.), SISSINGH (G.) et WESTHOFF (V.), 1940 - Het Dwergbiezen-Verbond (*Nano-Cyperion flavescentis*). Comm. S.I.G.M.A., n° 65.

DION (R.), 1934 - Le Val de Loire. Arrault. Tours. 752 p.

DION (R.), 1961 - Histoire des levées de la Loire. Paris 311 p.

DUCHAUFOUR (P.), 1965 - Précis de pédologie. Masson, Paris, 480 p.

DUPONT (P.), 1962 - La flore atlantique européenne. Introduction à l'étude du secteur ibéro-atlantique. Doc. Cart. Prod. Vég. Toulouse, 414 p.

DURIN (L.) et DUVIGNEAUD (J.), 1964 - Contribution à l'étude de la forêt de Mormal : la forêt de la plaine alluviale de la Sambre. Bull. Soc. Bot. du N. de la Fr., 17, p. 201-210.

DUVIGNEAUD (J.), 1958a - Contribution à l'étude des groupements prairiaux de la plaine alluviale de la Meuse lorraine. Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique., 91, p. 7-97.

DUVIGNEAUD (J.), 1958b - La forêt alluviale du Mont-Dieu. Vegetatio VIII, p. 298-332.

ELLENBERG (H.), 1956 - Aufgaben und methoden der Vegetationskunde. Stuttgart.

ELLENBERG (H.), 1963 - Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Einführung in die phytologie., IV, 2. Stuttgart.

FENELON (P.), 1967 - Les aménagements de la Loire et de ses affluents. Cahiers d'Etudes ligériennes, 1, p. 21-44.

FOURNIER (P.), 1961 - Les quatre flores de France. Le Chevallier, Paris.

FRILEUX (P.N.) et JOUVE (G.), 1973 - Aperçu phytosociologique sur quelques îles de la Basse vallée de la Seine entre Rouen et Elbeuf (76). Doc. phyto., 4, p. 23-34.

GADECEAU (E.), 1909 - Etude sur le peuplement des sables de la Loire. Rev. Bret. de Bot. Rennes, 4, p. 116-129.

GADECEAU (E.), 1921 - Etude sur quelques plantes adventices constatées à Nantes et aux environs pendant la guerre 1914-1920. Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr., 4° série, T. 1, 67-70.

GARNIER (A), 1973 - Eléments d'étude à propos de la végétation des îles de la Loire. Les Naturalistes Orléanais, n° 8, p. 45-47.

GARNIER (M.), 1967 - Climatologie de la France. Sélection de données statistiques. Mémorial de la météorologie nationale n° 50. Paris.

GEHU (J.M.), 1961 - Les groupements végétaux du bassin de la Sambre française. Vegetatio, X, fasc. 2-6, p. 69-148, 161-208, 257-372.

GEHU (J.M.), 1973 - Unités taxonomiques et végétation potentielle naturelle du Nord de la France. Doc. phyto., 4, 1-22.

GEHU (J.M.), RICHARD (J.L.) et TUXEN (R.), 1972 - Compte-rendu de l'excursion de l'association internationale de phytosociologie dans le Jura en 1967. Doc. Phytosoc. Fasc. 2, p. 1-44 et fasc. 3, p. 1-50.

GENESLAY (E.H.), 1972 - La Loire. Crues et embâcles. Nouvelles éditions latines, Paris, 110 p.

GOUNOT (M.), 1969 - Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson 308 p.

GREIG-SMITH (P.), 1964 - Quantitativ plant ecology. 2° éd., Butterworks, Londres 256 p.

GRELON (J.), 1972a - Remarques écologiques sur l'installation des végétations pionnières dans le lit de la Loire. Bull. Soc. Et. Sci. Anjou, nlle série, T. VIII, p. 47-52, et Etudes ligériennes (Colloque sur le lit de la Loire et ses îles), n° 11, p. 172-180.

GRELON (J.), 1972b - Rapport sur quelques observations effectuées pendant l'été 1971 sur les végétations de deux grèves de la Loire. Etudes ligériennes (Colloque sur le lit de la Loire et ses îles), n° 11, p. 181-186.

GRELON (J.), 1972c - L'île "aux Hoplias" en Loire tourangelle. Etudes ligériennes (Colloque sur le lit de la Loire et ses îles), n° 11, p. 186-196, 1 carte.

GRELON (J.), 1975 - Influence des "épis noyés" sur l'ensablement de la Loire et la formation des îles : l'île de St-Jean-de-la-Croix. Bull. Soc. Et. Sci. Anjou, nlle série, T. IX, p. 97-110.

GRELON (J.), 1976 - L'île aux Hoplias en Loire tourangelle : éléments d'histoire locale. (A paraître).

GUERLESQUIN (Mme M.), 1959 - Relevés d'herborisations en Anjou oriental et sur les confins de la Touraine. Bull. Soc. Et. Sci. Angers, nlle série, T. 2, p. 150-152.

GUILLON (P.), 1898 - Notes sur la Loire extraites du Fonds GUILLON de la bibliothèque municipale d'Orléans. Manuscrits : 1878, 1879, 1881, 1882. Réf. : Gu.

GUINOCHET (M.), 1955 - Logique et dynamique du peuplement végétal. Masson, Paris, 140 p.

GUINOCHET (M.), 1966 - L'écologie végétale : quelques remarques sur ses fondements et ses objectifs. Mises à jour scientifiques, T. 1, p. 387-402.

GUINOCHET (M.), 1970 - Clé des classes, ordres et alliances phytosociologiques de la France. *Naturalia monspeliensia*, sér. Bot. fasc. 21, p. 79-119.

GUINOCHET (M.), 1973 - Phytosociologie. Masson, Paris, 227 p.

HAGENE (Ph.), 1937 - Contribution à l'étude de la flore des alluvions fluviales. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, T. 71, fasc. 3, p. 257-308.

HELLER (H.), 1969 - Lebensbedingungen und Abfolge der Flussauenvegetation in der Schweiz. (Conditions de vie et évolution de la végétation dans les forêts riveraines suisses). Mémoires de l'Inst. Suisse de Recherches forestières. 45, fasc. 1, 124 p., 131 illustr.

JOVET (P.), 1949 - Le Valois : phytosociologie et phytogéographie. SEDES, Paris, 389 p.

KÁRPATY (I.) et SZAKÁLY, 1966 - The connection of the annual periodical rhythm of vegetation with the change of the blocking of the horizon in the plant association of several layers of the Danube island at Göd. Vegetatio XIII, fasc. 4, p. 215-231.

LARRAS (J.), 1972 - Prévision et prédétermination des étiages et des crues. Eyrolles. Paris.

LEBRUN (J.), NOIRFALISE (A.) et SOUGNEZ (N.), 1955 - Sur la flore et la végétation du territoire belge de la Basse-Meuse. Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique. T. 87, p. 157-184.

LEMEE (G.), 1936 - L'association climatique finale ou climax, dans le territoire du Perche. C.R. Acad. Sc. Paris, T. 199, 83-85.

LEMEE (G.), 1937 - Recherches écologiques sur la végétation du Perche. Rev. Gén. Bot., 1937-1939, passim.

LEMEE (G.), 1967 - Précis de biogéographie. Masson, Paris 358 p.

LERICQ (Mme R.), 1965 - Contribution à l'étude des groupements végétaux du bassin français de l'Escaut. Thèse. Lille.

LLOYD (J.), 1898 - Flore de l'Ouest de la France. 5° édition.

LOHMEYER (W.), 1950 - Das *Polygoneto-Brittingeri-Chenopodietum rubri* und das *Xanthieto riparii - Chenopodietum rubri*, zwei flusshegleitende *Bidention* gesellschaften. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 2, Stolzenau/Wëser, 12-19.

LOHMEYER (W.), 1970 - Das *Polygoneto-Chenopodietum* in Westdeutschland unter besonderer Berücksichtigung seiner Vorkommem am Rhein und im Mündungsgebiet der Ahr. Schr.-Reihe Veg. -Kde, Dtsch., n° 5, 7-28.

LOISEAU (J.E.), 1953 - Observations sur la flore du bassin de la Loire moyenne (environs de la Charité-Nièvre). Le Monde des Plantes, 293-297, p. 5-7.

LOISEAU (J.E.) et BRAQUE (R.), 1972 - Flore et groupements végétaux du lit fluvial dans le bassin de la Loire moyenne. Etudes ligériennes. N° 11, p. 99-167.

MALCUIT (G.), 1929 - Les associations végétales de la vallée de la Lanterne. Arch. de Bot., 2-6.

MONTACCHINI, 1970 - Flora rivulare et palustre nel'alta valle di Susa. Allionia XII, 75-92.

NEHOU (J.), 1945 - Les plantes adventices du Val de Loire. Bull. Soc. Sci. Bret., XX, fasc. 1-4, p. 81-99.

NEHOU (J.), 1948 - Quelques phanérogames adventices nouvelles dans la région nantaise. Bull. Soc. Bot. Fr., 5-6, p. 193-195.

NEHOU (J.), 1950 - Le peuplement végétal des sables extraits de la Loire dans la région nantaise et son évolution. Bull. Soc. Sc. Bret., XXV, 113-129.

NEUHAUSLOVA (Z.), 1965 - Waldgesellschaften der Eger und Elbeauen. Vegetace CCSR. A 1, Ceskoslov. Akad. Ved., 389-517.

OBERDORFER (E.), 1957 - Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Fischer. Iena. 564 p.

ODUM (E.), 1971 - Fundamentals of ecology. Saunders 3° édition.

PAUTOU (G.), CABAUSSEL (G.) et PORTECOP (J.), 1970 - Ecologie des formations riveraines de la Basse Isère. Application à l'étude d'une nappe phréatique et de ses risques de pollution. Doc. Carte Vég. des Alpes, VIII, p. 73-117. Grenoble.

PAUTOU (G.), THOMAS (J.), AIN (G.), MERIAUDEAU (R.), GILOT (B.) et NEUBURGER (M.C.) 1972 - Etude écologique des îles du Rhône entre Seyssel et Lyon. Lab. Biol. Vég. Grenoble. 54 p.

POLI (E.) et TUXEN (J.), 1960 - Uber *Bidentetalia* -Gesellschaften Europas. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 8, Stolzenau/Weser, 136-144.

PORT (C.), 1874 - Dictionnaire historique de Maine-et-Loire (nlle éd : 1974).

PREAUBERT (E.), - Résultats d'herborisations et relevés d'herborisation en Anjou. Bull. Soc. Et. Sci. Angers : 1893, p. 1-17 ; 1905, p. 1-9 ; 1925, p. 79-92 ; 1927, p. 37-59 ; 1929, p. I-XVII ; 1931, p. 47-68.

PROVOST (M.), 1968 - Etude de la végétation du Mont-Pinçon (Calvados). Recherches écologiques, phytosociologiques et phytogéographiques. Thèse 3° cycle, Caen, 110 p. dact.

PRUDHOMME (J.), 1948 - Adventices et plantes intéressantes du département du Cher. Monde des plantes, 252, p. 18-21.

PRUDHOMME (J.), 1949 - Adventices et plantes intéressantes du département du Cher. Monde des plantes, 255, p. 8 ; 256, p. 11.

PRUDHOMME (J.), 1959 - Les migrations végétales dans le Val de Loire. Le Monde des plantes, 54° année, n° 327, 2-4.

RAUNKIAER (C.), 1905 - Types biologiques pour la géographie botanique. Bull. Acad. Roy. des Sci. du Danemark.

RIVAS-GODAY (S.), 1969-1970 - Revision de las communinades hispanas de la clase *Isoeto-Nanojuncetea* Br. Bl. et Tx., 1943. An. Inst. Botanico A.J. Cavanilles, XXVII, 225-276.

ROUILLE-COURBE, 1858 - Inondations du département d'Indre-et-Loire, 1846-1856. Tours, 620 p.

ROUSSEAU (J.), 1962 - La végétation et la détermination du haut-niveau des cours d'eaux. Houille-blanche, 17, n° 5, 656-670.

SANSON (J.), 1925 - Notice climatologique sur Tours pendant les années 1900-1924. Mémorial O.N.M. n° 12. Paris.

SANSON (J.), 1945 - Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. Mémorial O.N.M. n° 30. Paris.

SANSON (J.), 1952 - Essai de climatologie agricole de l'Anjou. Bull. mensuel de l'Ecole Sup. d'Agric. et de Vit. d'Angers. Fév. 1952, 30° année, p. 37-67.

SIEGRIST (R.), 1913 - Die Auenwälder der Aare. Diss. Univers. Zürich.

TCHOU YEN TCHENG, 1948-1949 - Etudes écologiques et phytosociologiques sur les forêts riveraines du Bas-Languedoc. Vegetatio I, p. 2-28 ; II-III, p. 93-128 ; IV-V, p. 217-257 ; VI, p. 347-384.

TOMASELLI (R.), 1956 - Introduction allo studio della Fitosociologia. Industria poligrafica lombarda. Milano.

TOURLET (E.H.), Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département d'Indre-et-Loire. Tours-Paris 621 p.

TUXEN (R.), 1937 - Die Pflangengesellschaften Nordwestdeutschlands. Naturhist. Ges. Hannover, Jahresber. 81-87, p. 1-170. (1970 reprint).

WENDELBERGER-ZELINKA (E.), 1952 - Die vegetation der Donauauen bei Wallsee. Eine soziologische Studie aus dem Machland. Schriftenreibe der Oberösterreich. Landesbaudierektion.

WENDELBERGER (E. und G.), 1956 - Die Auenwälder der Donau bei Wallsee. Vegetatio 7, p. 69-82.